جهاد دانشگاهی
واحد صنعتی امیر کبیر

راهنمای علوم فنی

(رشته های مهندسی راه و ساختمان، معماری)

مؤلفین: Rosemarie Buhlman
Anneliese Fearns
مترجم: کیجا پرویز

واحد صنعتی امیرکبیر

راهنمای علوم فنی

(رشته‌های مهندسی معماری و راه و ساختمان)

Hinführung zur naturwissenschaftlich - technischen Fachsprache

مؤلفین:

Rosemarie Buhlmann-Anneliese Fearns

مترجم:

کیجا پرویز

انتشارات جهاد دانشگاهی

صنعتی امیرکبیر

بولمان، ازماری   Buhlmann, Roscmaric

راهنمای علوم فنی (رشته‌های مهندسی معماری و راه و ساختمان) مؤلفین [رزماری بولمان، آنه لیزه فرنس] ؛ مترجم کیجا پرویز. ــ تهران: جهاددانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۱.

۳۰۰ ص.: مصور، جدول، نمودار.

ISBN 964-6094-64-6:

فهرستنویسی بر اساس اطلاعات فیپا.

عنوان به آلمانی: Hinfuhrung zur naturwissenschaftlic technischen fachsprache.

۱. مصالح ساختمانی ــ دستنامه‌ها. الف. فرنس، آنه لیزه Fearns, Anneliese ب. پرویز کیجا، ۱۳۳۹ ــ مترجم. ج. جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر د. عنوان.

۲ ر ۹ ب / TA۴۰۳   ۶۹۱

۱۳۸۱

کتابخانه ملی ایران   ۸۱-۲۷۸۹۲م

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

- **عنوان** : **راهنمای علوم فنی در (رشته‌های مهندسی معماری و راه و ساختمان)**
- **مؤلف** : Rosemarie Buhlmann AnnelieseFearns
- **مترجم** : کیجا پرویز
- **قطع و صفحه**: وزیری ۳۰۰ صفحه
- **چاپ** : قلم (۸۸۳۸۳۶۹ قم)
- **لیتوگرافی** : قلم
- **تیراژ** : ۱۰۰۰ نسخه
- **نوبت چاپ** : اول ۱۳۸۱
- **قیمت** : ۲۵۰۰۰ ریال
- **شابک** : ۹۶۴-۶۰۹۶-۶۴-۶   ISBN: 964-6096-64-6
- **آدرس و مرکز پخش : تهران - خیابان حافظ - روبروی خیابان سمیه دانشگاه صنعتی امیرکبیر**

تلفن ۶۴۶۵۳۹۲   فاکس ۶۹۵۰۹۸۲

بسم الله الرحمن الرحیم

پیشگفتار جهاددانشگاهی

اکنون در دوران باز سازی مملکت اسلامیمان ایران، توجه به تقویت بنیهٔ علمی دانشگاهها و دیگر نهادهای مقدس علمی یکی از وظایف همه آگاهان و دست‌اندرکاران امور می‌باشد. از این رو جهاددانشگاهی با علم و آگاهی نسبت به این مهم تمامی نیرو و توان خود را صرف تجهیز علمی و اقتصادی هر چه بیشتر دانشجویان و آینده‌سازان جامعه، نموده است و در این راه از هیچ کوشش و تلاشی دریغ نخواهد ورزید.

در این راستا انتشارات جهاددانشگاهی با این باور که داشتن استقلال اقتصادی و عقیدتی، مستلزم دارابودن قدرت بالای علمی و آشنایی با تکنولوژی مدرن، البته درکنار ایمان و اعتقاد به آرمانها است؛ سعی می‌نماید با آماده‌سازی و انتشار متون متنوع و مختلف علمی به هر دو زبان فارسی و لاتین که از سطح مطلوبی برخوردار باشند، به وظیفه انسانی و اعتقادی خویش جامهٔ عمل بپوشاند. و امیدوار است که توانسته باشد کمکی هر چند ناچیز به علاقه‌مندان و دلسوزان میهن اسلامی و پویندگان راه علم انجام دهد.

با این باور و اعتقاد از همهٔ عزیزان دانش‌پژوه جهت ارائه نظرات و پیشنهادات برای هرچه بهتر شدن سطح امور انتشارات این جهاد، یاری می‌طلبیم.

در انتها این کتاب را به روان پاک شهدای دانشگاهی بویژه شهدای دانشگاه صنعتی امیر کبیر تقدیم می‌نماییم. امید است کلیهٔ دانشگاهیان استوار و ثابت قدم پویندهٔ راه شهیدان در محیط مقدس دانشگاه باشند.

والسلام علی من اتبع الهدی

انتشارات جهاددانشگاهی صنعتی امیر کبیر

مقدمهٔ مترجم

کتاب راهنمای علوم فنی (رشته‌های مهندسی معماری و راه و ساختمان) که از زبان آلمانی به فارسی ترجمه شده است در درجه اول یک واژه‌نامه مقدماتی فنی و مصوری می‌باشد که دانشجو را با اصطلاحات مختلف فنی آشنا می‌سازد که در ستون جداگانه‌ای در حاشیه کتاب قرار دارد. مباحث کتاب که موضوعات تخصصی مشخصی را بیان می‌کند و بیشتر جنبهٔ عملی و کاربردی دارد با بیانی ساده نشان می‌دهد که دانشجو چگونه می‌تواند متن‌های تخصصی را به طور محض بخواند و سپس با پوشاندن ستون جداگانه‌ای که در حاشیه کتاب قرار داد توسط تکه‌ای کاغذ در جاهای خالی متن، اصطلاحات مناسب فنی را قرار دهد و بدین ترتیب کتاب راهنمای علوم فنی همچنین می‌تواند به عنوان یک کتاب تمرین نیز مورد استفاده دانشجو قرار گیرد.

کتابی که اینک تحت عنوان راهنمای علوم فنی (رشته‌های مهندسی معماری و راه و ساختمان) در اختیار دانشجویان عزیز قرار می‌گیرد در واقع بخشی از یک مجموعه سه جلدی راهنمای علوم فنی محسوب می‌شود به طوری که جلد دیگر کتاب راهنمای علوم فنی مربوط به رشته‌های الکترونیک، برق و کامپیوتر می‌باشد که در سال ۸۰ به چاپ رسیده است و جلد سوم آن نیز در زمینهٔ رشته مهندسی مکانیک می‌باشد که هم‌اکنون در دست چاپ است. بطور کلی کتابهای راهنمای علوم فنی به‌صورت مجموعه‌ای کامل در شش رشتهٔ مختلف فنی به عنوان پلی ارتباطی بین دانشجویان با علوم فنی محسوب می‌شود.

کیجا پرویز

بهار ۸۱

فهرست

عنوان | صفحه

فصل اول: سنگ‌های ساختمانی طبیعی و مصنوعی **۱**

- سنگ ۹
- تأثیر هوازدگی در سنگ ۱۷
- آجر ۳۷
- آجر کلینکر ۳۸
- گرانیت ۴۶
- خصوصیات و خواص سنگ‌های ساختمانی ۵۲
- جرم مخصوص ۵۲
- تخلخل ۵۳
- ضریب دانسیته ۵۳
- تأثیر حرارت در مصالح ساختمانی ۵۴
- نوع تخلخل ۵۴
- تولید آجر و سفال ۵۸
- مینرال‌ها ۶۲
- خصوصیات مهم‌ترین کانی‌های تشکیل دهندهٔ سنگ‌ها ۶۴
- خصوصیات کانی کوارتز ۶۴
- فلدسپارها ۶۶
- میکاها ۶۷
- اوژیت و هورنبلند ۶۷
- سنگ آهک ۶۸
- خاک رس ۶۹

فصل دوّم: مصالح ساختمانی **۷۳**

- آهک هوایی ۷۹
- ژیپس ۸۵
- سیمان ۹۵
- انواع سیمان پرتلند ۹۵

فهرست

عنوان | صفحه

- سیمان به عنوان یک مادهٔ هیدرولیک ۹۶
- سیمان ۱۰۷
- سیمان به عنوان یک مادهٔ هیدرولیک ۱۰۷
- ساخت سیمان ۱۰۷
- مواد خام تشکیل دهندهٔ سیمان ۱۰۷
- تأثیر ترکیبات شیمیایی در خواص هیدرولیکی سیمان ۱۰۸
- پخت مواد خام سیمان ۱۰۹
- تشکیل کلینگر ۱۰۹
- آهک هیدرلیک ۱۱۰
- خصوصیات سیمان ۱۱۵
- گیرش و سخت شدن سیمان ۱۱۵
- حرارت هیدراتاسیون ۱۱۵
- استقامت سیمان در برابر انبساط ناشی از تأثیر حرارت ۱۱۶
- مقاومت سیمان ۱۱۷
- ساخت سیمان پرتلند ۱۱۹

فصل سوم: ملات و بتن ۱۲۳
- سنگدانه‌ها (خواص و انواع سنگدانه‌ها) ۱۲۴
- ملات ۱۲۵
- قالب بتن ۱۵۴
- بتن‌ریزی در هوای سرد ۱۶۲
- انواع بتن ۱۶۳
- محافظت آرماتورها از خوردگی ۱۶۸

فصل چهارم: فلزات ساختمانی ۱۶۹
- انواع آهن ۱۷۰
- آهن خام ۱۷۱

فهرست

عنوان | صفحه

- آهن سفید ۱۷۱
- آهن سیاه خاکستری ۱۷۱
- فولادسازی به روش بسمر - توماس ۱۸۷
- فولاد نیم‌آرام ۱۹۵
- فولادهای آلیاژی ۲۰۲
- تأثیر عناصر آلیاژی بر روی خواص فولاد ۲۰۲
- عملیات حرارتی بازگشت (بازپخت فولاد) ۲۰۸
- مرغوب کردن فولاد ۲۱۲
- شکل دادن به فولاد ۲۲۱
- ساخت فولاد بتن ۲۲۲
- فلزات صنعتی ۲۲۸
- تأثیر خوردگی و فرسودگی در فولاد ۲۳۸
- طراحی شکل سازه‌ها ۲۳۷
- در ساختمان‌های بتن‌آرامه (حفاظت فولاد در مقابل خوردگی) ۲۳۷
- رنگ‌آمیزی در فلزات ساختمانی ۲۳۸

فصل پنجم: چوب ۲۴۱

- چوب ۲۴۲
- رطوبت چوب ۲۶۹
- رشد درختان ۲۷۵
- تأثیر پیچ‌خوردگی درخت بر روی مقاومت چوب ۲۷۶
- ساختمان چوب ۲۸۵
- محافظت از چوب ۲۸۹

فصل اول

سنگهای ساختمانی
طبیعی و مصنوعی

«مینرالها» موادی هستند که از ذرات غیر ارگانیک تشکیل شده‌اند به‌طوری که این ذرات از نظر شیمیایی دارای ترکیبات همگنی بوده و اکثراً ساختمان ذرات فرم کریستالی به خود گرفته است و به عبارت دیگر شکل متبلوری دارد. آیا ذغال هم جزو گروه مینرالها محسوب می‌شود؟ بله یا خیر؟ ذغال جزو گروه مینرالها شناخته نمی‌شود زیرا از ذرات .... تشکیل نمی‌شود. ذغال دارای ذرات ارگانیک است. فقط مواردی که از ذرات غیر ارگانیک تشکیل شده‌اند، فرم کریستالی (بلورین شکل) به خود گرفته و از نظر شیمیایی دارای ترکیب همگنی هستند، به‌عنوان .... شناخته می‌شوند.	خیر غیرارگانیک مینرال
دی‌اکسید سیلیس (SiO_2) که فرم کریستالی دارد، از ذرات غیر ارگانیک تشکیل شده است و بدین ترتیب جزو گروه .... محسوب می‌شود. همچنین دی‌اکسید سیلیس را «کوارتز» نیز می‌نامند. کوارتز که بلورین شکل و شفاف است، جنس بسیار سختی دارد. بلور کوارتز یا دی‌اکسید سیلیس متبلور (SiO_2) مقاومت زیاد در مقابل هوادیدگی و اسیدها از خود نشان می‌دهد.	مینرالها
همچنین کربنات کلسیم ($CaCO_3$) نیز جزو گروه مینرالها محسوب می‌شود. به کربنات کلسیم همچنین «کلسیت» یا «سنگ آهک» نیز گفته می‌شود. سنگ آهک خالص (کربنات کلسیم $CaCO_3$) مینرالی است که نسبتاً در برابر هوادیدگی از خود مقاومت نشان می‌دهد.	

سنگ آهک خالص که سفید رنگ می‌باشد، جنس زیاد سختی ندارد و از آن به عنوان سنگ ساختمانی در ساختمان‌سازی استفاده می‌شود.

آلبیت (Albit) مینرالی است که از ۶۳ تا ۶۸ درصد Sio_2، ۱۹ تا ۲۳ درصد Al_2O_3، ۹ تا ۱۱ درصد Na_2o و صفر تا ۴ درصد Cao تشکیل شده است.

آلبیت جزو یکی از کانی‌های «فلدسپار» است و انواع فلدسپار (Feldspar) که به آن فلدسپات (Feldspat) نیز می‌گویند، از انواع کانی‌های آذرین هستند اگر چه آنورتیت (Anortite) نیز مانند آلبیت از نوع کانی‌های فلدسپات می‌باشد اما آنورتیت نوعی «کلسیم فلدسپار» است که از ترکیب ۴۳ تا ۵۶ درصد Sio_2، ۲۸ تا ۳۷ درصد Al_2o_2، ۴ تا ۱۰ درصد Cao، ۶ تا ۹ درصد Nao تشکیل شده است.

بنابراین، چنین مینرالهایی مانند آلبیت و آنورتیت که دارای مادهٔ آلومینیوم هستند، به گروه فلدسپاتها تعلق دارند.

بطور کلی فلدسپاتها که آلومینوسیلیکاتهای پتاسیم، سدیم، کلسیم و باریم هستند به علت‌دارا بودن آلومینیوم در صنعت شیشه‌سازی مورد استفاده قرار گیرند.

سیلیکا و آلومینیوم قسمت اعظم خاک رس را تشکیل می‌دهند زیرا خاک رس از تجزیهٔ شیمیایی فلدسپاتها به وجود می‌آید.

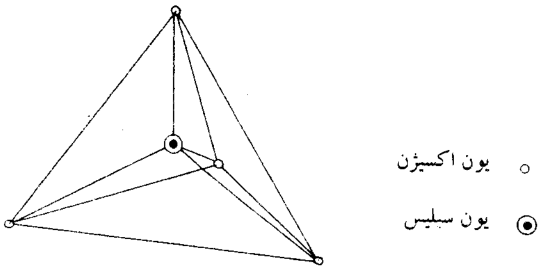
بنابراین آلبیت (Na_2o, Al_2o_3, $6Sio_2$) از نوع فلدسپاتهای سدیم است و آنورتیت (Cao, Al_2o_3, Sio_2) به گروه فلدسپاتهای کلسیم تعلق دارد.

جنس آلبیت و آنورتیت زیاد سخت نیست و در مقابل

هوازدگی شیمیایی و مکانیکی مقاومت کمی از خود نشان می‌دهند.

آیا در ساختمان اتمی فلدسپاتها اتصال یون اکسیژن با یون سیلیس وجود دارد؟ بله یا خیر؟ بله

فلدسپاتها از مهمترین سیلیکاتهایی هستند که سنگهای آذرین را تشکیل می‌دهند و از جمله خصوصیات سیلیکاتها این است که از اتصال یونهای سیلیس و اکسیژن تشکیل می‌شوند به این صورت که هر یون سیلیس در مرکز یک چهار وجهی از یونهای اکسیژن قرار می‌گیرد که این خود تشکیل یک «واحد سلیکا» را می‌دهد.

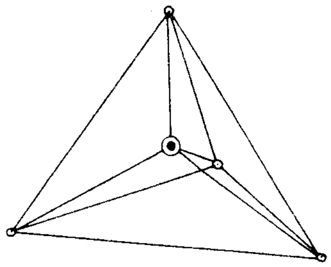


در اینجا تصویر یک واحد سیلیکا نشان داده می‌شود.

همانطور که در تصویر مشاهده می‌شود، یونهای اکسیژن چهارگوشهٔ یک تترائدر (Tetrahedron) را اشغال کرده است. به عبارتی دیگر در این چهار وجهی تترائدر (SiO_4)، یون سیلیس در مرکز یک چهاروجهی از یونهای اکسیژن قرار می‌گیرد یعنی در واقع یونهای اکسیژن در چهارگوشهٔ یون سیلیس قرار گرفته و یون سیلیس را احاطه کرده‌اند.

آلبیت از ۵۳ تا ۶۸ درصد SiO_2، ۱۹ تا ۲۳ درصد Al_2O_3، ۹ تا

۱۱ درصد Na_2o و صفر تا ۴ درصد Cao تشکیل شده است. آلبیت از گروه فلدسپاتهای می‌باشد. فلدسپاتها از مهمترین سیلیکاتهایی هستند که سنگهای آذرین را تشکیل می‌دهند.	سدیم
«مسکویت» (Muscovite) یکی از انواع میکاها است که به آن میکای سفید نیز گفته می‌شود. مسکویت از ۴۵ تا ۵۰ درصد Sio_2، ۲۵ تا ۳۸ درصد Al_2o_3، ۸ تا ۱۰ درصد K_2o، ۳ تا ۵ درصد H_2o، ۲ تا ۵ درصد اکسید آهن، ۱ تا ۲ درصد Na_2o و صفر تا ۴ درصد Mgo تشکیل شده است. آیا مسکویت نیز مانند فلدسپاتها جزو گروه مینرالهای سیلیکاتی محسوب می‌شود؟ بله یا خیر؟ مسکویت جزو گروه مینرالهای به‌شمار می‌رود. مسکویت که نوعی سیلیکات آلومینیوم و پتاسیم است، دارای ارزش اقتصادی زیادی می‌باشد.	بله سیلیکاتی
«بیوتیت» (Biotite) از ۳۵ تا ۴۰ درصد Sio_2، ۱۵ تا ۲۰ درصد Al_2o_3، ۱ تا ۱۵ درصد Fe_2o_3، ۱ تا ۱۵ درصد Feo، ۹ تا ۲۰ درصد Mgo، ۷ تا ۹ درصد K_2o، ۲ تا ۶ درصد H_2o و ۱/۲ تا ۲ درصد Na_2o تشکیل شده است. بیوتیت که جز گروه مینرالهای می‌باشد، یکی دیگر از انواع میکاها است که ارزش اقتصادی زیادی ندارد. بنابراین مسکویت و بیوتیت از انواع میکاها هستند. همچنین میکاها نیز مانند فلدسپاتها را سیلیکاتهایی هستند که سنگهای آذرین را تشکیل می‌دهند.	سیلیکاتی

 در اینجا نیز یک چهاروجهی تترائدر (SiO_4) نشان داده می‌شود. بطور کلی چهاروجهی تترائدر (SiO_4) خصوصیت مشترک همهٔ انواع می‌باشد به‌طوری که یونهای اکسیژن در چهارگوشهٔ یک تترائدر قرار گرفته و یون سیلیس در فضای خالی بین یونهای اکسیژن یا در واقع در مرکز این چهاروجهی قرار می‌گیرد. همچنین میکاها نیز از نظر ساختمان اتمی دارای چهار وجهی تترائدر (SiO_4) می‌باشند که از ترکیب سیلیکات آلومینیوم با پتاسیم و حتی مضافاً منیزیم تشکیل می‌شود.	سیلیکاتها
«اوژیت» یا فرمول شیمیایی $CaMgSi_2O_6$ نیز یک کانی سیلیکاته است. از جمله سنگهای آذرینی که دارای مواد معدنی فرومنیزیم نظیر «اوژیت» هستند می‌توان بازالت Basalt و گابرو Gabbro را نام برد. اگر چه بازالت از نوع آن دسته از سنگهای آذرین است که دارای بافت دانه‌ریز و رنگ تیره بوده ولی گابرو دارای بافت دانه‌درشت می‌باشد.	
($CaMgSi_2O_6$) که از نوع سیلیکاتهای منیزیم‌دار	اوژیت

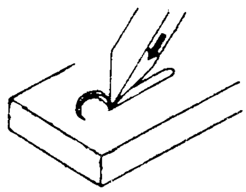
است در طبیعت به رنگهای قهوه‌ای تیره و یا مشکی دیده می‌شود.

همچنین ($CaMgSi_2o_6$) از نظر ساختمان اتمی دارای چهاروجهی تترائیدر (Sio_4) می‌باشد.

کانی‌های «هورنبلند» که از سیلیکاتای منیزیم‌دار هستند، دارای ترکیبات Ca، Fe، Na و Al می‌باشند و در طبیعت به‌رنگ سبز تیره تا سیاه دیده می‌شوند. همچنین جنس این مینرالهای آنقدر نرم است که اثر کشیدن چاقو بر روی آنها باقی می‌ماند:

اوژیت

سیلیکاتی



بنابراین کانی‌های از سیلیکاتهای منیزیم‌دار هستند که دارای ترکیبات Ca، Fe، Na و Al می‌باشند.

کانی‌های به رنگ سبزه تیره تا مشکی دیده می‌شوند و جنس‌شان زیاد سخت نیست زیرا اگر با چاقو بر روی آنها خط کشیده شود، اثر کشیدن چاقو بر روی آنها باقی می‌ماند. همچنین جنس اوژیت نیز زیاد سخت نیست. زیرا اثر کشیدن چاقو بر روی آنها نیز باقی می‌ماند.

بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کانی‌های و کانی‌های که از سیلیکاتهای منیزیم دارند، از نظر جنس مینرالهای تقریباً نرمی هستند.

هورنبلند

هورنبلند

اوژیت

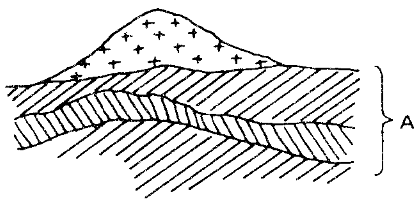
هورنبلند

به‌طور کلی به توده‌ای از ذرات به‌هم چسبیده که از مینرالهای مختلفی تشکیل شده باشند، «سنگ» می‌گویند. به‌طور مثال «سنگ آهک» نیز نوعی سنگ است. سنگ آهک در واقع همان سنگهای کرنباته‌ای است که از نظر شیمیایی به‌طور عمده از «کلسیت» یا «کربنات کلسیم» ($CaCa_3$) تشکیل شده است. همچنین سنگ گچ با فرمول ($CaSo_4 . 2H_2o$) نیز نوع دیگری از سنگهاست که این نوع سنگ هم جزو گروه سنگهای رسوبی می‌باشد. البته به سنگ گچ در حالت سولفات کلسیم آبدار ($CaSo_4 . 2H_2o$) «ژیپس» می‌گویند و به‌صورت سولفات کلسیم بدون آب ($CaSo_4$) «انیدریت» گفته می‌شود.	
«ماسه سنگ» نیز نوع دیگری از سنگها می‌باشد که عمدتاً از کانی کوارتز با ترکیب شیمیایی Sio_2 تشکیل می‌شود. بنابراین ماسه سنگ نیز یک نوع سنگ است که از مینرالهای مختلف تشکیل می‌شود. ماسه سنگها که از گروه سنگهای رسوبی (ته‌نشنی) هستند، جنس زیاد سختی ندارند.	
بدین ترتیب نوع مینرالهایی که سنگها از آنها تشکیل می‌شوند، مشخص کنندهٔ خصوصیات سنگها می‌باشند. به‌طور مثال رنگ، درجهٔ سختی و مقاومت و استحکام سنگها در مقابل هوازدگی بستگی به نوع مینرالهایی دارد که سنگها را تشکیل می‌دهند.	

«سنگ»

اگر بخواهیم واژهٔ «سنگ» را تعریف کنیم، به بیانی ساده می‌توان گفت: «سنگ» از تودهٔ ذرات به‌هم چسبیده‌ای تشکیل شده است که دارای مینرالهای مختلفی می‌باشد. سنگها که در سطح پوستهٔ روئی زمین گسترده شده‌اند بر حسب منشاء پیدایش و تشکیل بر چند گروه طبقه‌بندی می‌شوند مانند سنگهای آذرین، سنگهای رسوبی و سنگهای دگرگونی.

اکثراً یک یا چند کانی تشکیل دهندهٔ سنگها، غنی‌تر از دیگر کانی‌ها می‌باشد به‌طوری که افزایش میزان درصد یک یا چند مینرال موجود در سنگ بر روی خصوصیت سنگ تاثیر می‌گذارد. علاوه بر اینکه خصوصیات سنگها به نوع و میزان درصد مینرال تشکیل‌دهنده در سنگ بستگی دارد، ترکیبات شیمیایی موجود و همچنین ریز یا درشت بودن کریستانها (ریز بافت یا درشت بودن) نیز نقش تعیین‌کننده‌ای در ارزش سنگ به‌خصوص در سنگهای ساختمانی دارد.



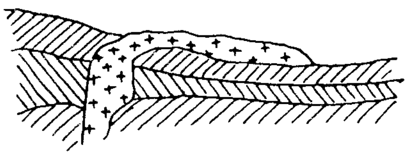
همانطور که در تصویر مشاهده می‌شود، در اینجا لایه‌های مختلفی که از انواع سنگهای مختلف تشکیل شده است، بر روی یکدیگر قرار گرفته‌اند. سنگهایی که در پوستهٔ زمین (A) وجود دارند بسیار محکم می‌باشند در حالی که در درون اعماق زمین به علت گرمای فوق‌العاده زیادی که به بیشتر از ۷۰۰ درجهٔ سانتیگراد می‌رسد، سنگها به‌صورت مذاب هستند به‌طوری که به این مواد سنگی مذاب «ماگما» می‌گویند.

ماگما | بنابراین   مواد سنگی مذابی است که در زیر اعماق لایه‌های مختلف پوستهٔ زمین قرار دارد.

ماگما | مادهٔ اصلی تشکیل‌دهندهٔ   عبارتند است از SiO_2، K_2O, Na_2O, CaO, MgO, FeO, Fe_2O_3, Al_2O_3 و آب و گاز.

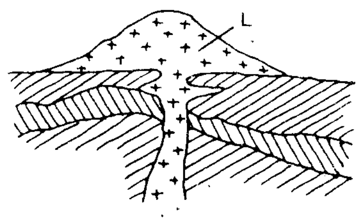
حال اگر این مادهٔ مذاب که در زیر پوستهٔ زمین قرار دارد، انجماد حاصل کند در آن صورت «سنگهای ماگمائی» به وجود می‌آید.

ماگما | کلیهٔ سنگهایی که در اثر انجماد   پدید می‌آیند، ۹۵٪ از پوستهٔ کرهٔ زمین را تشکیل می‌دهند.



بنابراین اگر این تودهٔ مذاب و یا حتی نیمه‌مذاب قابل تحرک در ضمن عبور از لایه‌های زمین در بین شکافها نفوذ کرده و انجماد حاصل کند، در این صورت به آن «ماگما» (Magma) می‌گویند در حالی که اگر همین تودهٔ مذاب قابل تحرک تحت شرایطی به سطح پوستهٔ زمین راه پیدا کرده و فوران حاصل کند، در این حالت به‌صورت گدازه و گازهای آتشفشانی در می‌آید که به آن گدازه‌ها، «لاوا» (Lava) گفته می‌شود.

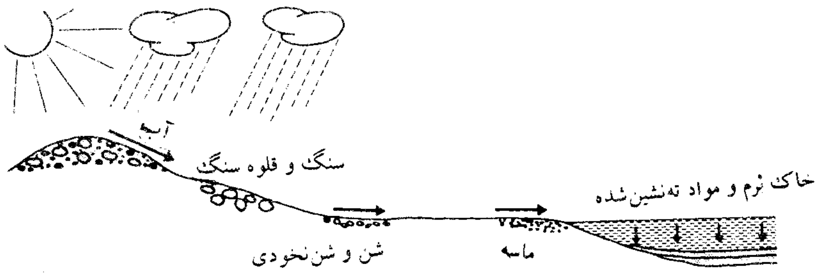
به‌طور کلی ماگما منشا و تشکیل‌دهندهٔ سنگهای آذرین (آتشفشانی) می‌باشد.



لاوا

بنابراین (L) همان ماگما است که تحت شرایطی به سطح پوستهٔ زمین راه پیدا کرده و فوران حاصل می‌کند و به‌صورت گدازه و گازهای آتشفشانی در می‌آید. گدازه‌ها نیز بر روی پوستهٔ زمین انجماد حاصل می‌کنند در حالی که اگر تودهٔ مذابی که در زیر اعماق لایه‌های مختلف پوستهٔ زمین قرار دارند، در بین شکافها نفوذ کرده و انجماد حاصل کند، در آن صورت سنگهای تشکیل می‌شود.

ماگمائی



بدین ترتیب سنگهایی که بر روی پوستهٔ زمین وجود دارند، بر اثر هوازدگی متلاشی می‌شوند. به عبارتی دیگر می‌توان گفت که اثر هوازدگی شیمیایی، فیزیکی و یا مکانیکی بر روی سنگها باعث تخریب آنها می‌شود.

بنابراین سنگها در اثر هوازدگی تخریب می‌شوند.

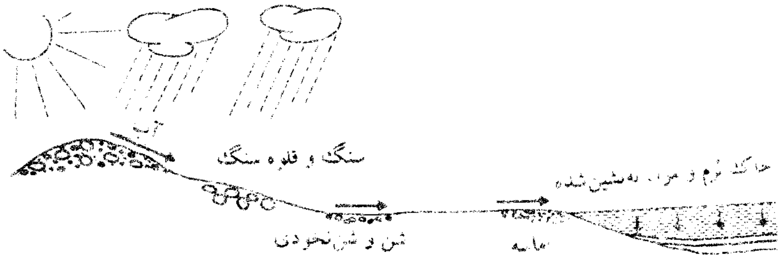
آیا تخریب سنگها سبب خرد شدن آنها می‌شود؟ بله یا خیر؟

سنگها در اثر عامل .... خرد می‌شوند و در نتیجه در اثر این عمل قطعه سنگهای کوچکی به‌وجود می‌آیند که به آنها «قلوه‌سنگ» می‌گویند.

بنابراین قلوه سنگها بر اثر تخریب سنگها تشکیل می‌شوند.

خیر
هوازدگی

بـه‌طور کـلی سـنگها از نـظر انـدازه طـبقه‌بندی مـی‌شوند به‌طوری که از نظر اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ با یکدیگر تفاوت دارند مانند سنگ و قلوه سنگ، شن و شن نخودی (سنگ ریزه)، ماسه و خاک. به عنوان مثال می‌توان گفت: به ذراتی که اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ آنها درشت‌تر از ۶۳ میلیمتر باشد، سنگ و قلوه سنگ می‌گویند در حالی که اگر اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ از ۲ میلیمتر تا ۶۳ میلیمتر باشد، به آنها شن و شن نخودی گفته می‌شود.



در اینجا مراحل تخریب سنگها در تصویر بالا بطور ساده نشان داده می‌شود.

قلوه سنگها، شن و شن نخودی بر اثر هوازدگی سنگها به‌وجود می‌آیند و بدین ترتیب که اگر اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ بیشتر از ۶۳ میلیمتر باشد به آن و می‌گویند و در صورتی که اندازهٔ دانه‌بندی ذرات بین ۲ تا ۶۳ میلیمتر باشد به آن گفته می‌شود.

سنگ ـ قلوه‌سنگ

شن و شن‌نخودی

بنابراین اگر تخریب سنگها به گونه‌ای باشد که اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ به ۲ تا ۶۳ میلیمتر برسد، در آن صورت به آنها می‌گویند در حالی که برعکس اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ و قلوه سنگهای درشت از ۶۳ میلیمتر تجاوز می‌کند و حتی تخته سنگها (لاشه سنگها) بزرگتر از ۸۰ میلیمتر هم هستند.

شن و شن‌نخودی

حال را اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ بین ۰/۰۶۳ تا ۲ میلیمتر باشد، هنوز هم به‌آن شن و شن‌نخودی می‌گویند؟ بله یا خیر؟

خیر

در این صورت دیگر شن و سنگ ریزه نامیده نمی‌شوند زیرا اندازهٔ قطر دانه‌های شن و سنگ‌ریزه بین ۲ تا ۶۳ میلیمتر می‌باشد.

سنگهایی را که از نظر اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ بین ۰/۰۶۳ تا ۲ میلیمتر است، «ماسه» می‌نامند.	
پس تا به حال دانستیم که سنگهایی را که از نظر اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ بین ۰/۰۶۳ تا ۲ میلیمتر باشد، به عنوان شناخته می‌شود. اما حال ببینیم اگر اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ بین ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۶۳ باشد چه؟ آیا هنوز هم به عنوان ماسه شناخته می‌شوند؟ بله یا خیر؟ در این صورت دیگر به آنها ماسه نمی‌گویند بلکه این ذرات «خاک» نامیده می‌شوند. اثر هوازدگی مکانیکی می‌تواند سبب خرد شدن سنگها گردد. به‌طور مثال عواملی نظیر حرکت جریان آب رودخانه‌ها و جریان باد می‌تواند موجب خرد شدن سنگها شود و همچنین عوامل دیگری مانند انجماد، قطعات سنگها را به‌صورت تکه‌های بسیار ریز و مجزا از هم تبدیل سازد.	ماسه خیر
بنابراین سنگها براثر هوازدگی به‌صورت شن، شن نخودی، ماسه و خاک در می‌آیند به‌طوری که اگر اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ‌بین ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۶۳ میلیمترباشد، به‌آن می‌گویند و در صورتی که برعکس اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ بین ۰/۰۶۳ تا ۲ میلیمتر باشد، به عنوان شناخته می‌شود.	خاک ماسه
بدین ترتیب اگر اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ رسوبی بین ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۶۳ میلیمتر باشد، به عنوان شناخته می‌شود و در صورتی که شدت فرسایش آن‌چنان باشد که اندازهٔ قطر ذرات به میزان کمتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر برسد، در آن	خاک

صورت به آن «خاک رس» می‌گویند. بنابراین خاک رس از ذرات بسیارریزی تشکیل شده است که اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ کمتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر است.	
بنابراین تخته سنگها براثر هوازدگی مکانیکی به قطعات کوچکتری تبدیل می‌شوند که عبارتند از:	
و که‌اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ‌بیشتر از ۶۳ میلیمتر است.	سنگها ـ قلوه‌سنگها
(سنگ ریزه) که اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ بین ۲ تا ۶۳ میلیمتر است.	شن و شن‌نخودی
که اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ ۰/۰۶۳ تا ۲ میلیمتر می‌باشد.	ماسه
که‌اندازهٔ قطردانه‌های سنگ ۰/۰۰۲تا۰/۰۶۳میلیمتر است. و خاک‌رس که اندازهٔ قطر دانه‌های سنگ به کمتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر می‌رسد.	خاک
اگر به ترکیبات شیمیایی انواع ماسه‌ها توجه کنیم، پی می‌بریم که اکثراً ماسه‌ها از ذراتی مانند کوارتز و فلدسپات تشکیل شده‌اند که البته درصد بیشتری از ترکیبات ماسه‌ها	
اغلب از (SiO_2) می‌باشد. کانی (SiO_2) کانی بسیار سخت و مقاومی است به‌طوری که هوازدگی تاثیر زیادی	کوارتز ـ کوارتز
بر روی آن ندارد و نمی‌تواند به آسانی سبب حل شدن	کوارتز
شود. اگر چه تغییرات درجهٔ حرارت منجر به خرد شدن می‌گردد اما بر روی ترکیبات شیمیایی کوارتز تاثیر نمی‌گذارد و فقط تاثیر فیزیکی دارد.	کوارتز

بدین ترتیب بیشتر ترکیبات شیمیایی ماسه‌ها اکثراً از کوارتز تشکیل می‌شود.

در حالی که فلدسپاتها از فراوانترین کانی سنگهای آذرین هستند اما در مقابل هوازدگی دارای مقاومت کمی می‌باشند به‌طوری که سریعاً هوازدگی بر روی آنها تاثیر می‌گذارد. به‌طور مثال هوازدگی مکانیکی مانند جریان آب تاثیر شدیدی بر روی کانی فلدسپات دارد.

«تاثیر هوازدگی در سنگ»

هوازدگی فیزیکی و مکانیکی مانند حرکت جریان آب، انجماد، تغییرات درجهٔ حرارت و یا حرکت باد می‌تواند سبب سائیدگی و فرسایش سنگها گردد و آنها را به قطعات کوچکتر تبدیل نماید بدون آنکه سبب تغییر شیمیایی در ترکیبات سنگها شود. تغییرات درجهٔ حرارت هوا که به علت تغییر در زاویهٔ تابش اشعهٔ خورشید به وجود می‌آید و گردش شب و روز باعث تنشهایی در سنگها می‌شود به طوری که پس از گذشت مدتی طولانی منجر به خردشدن آنها می‌گردد و نتیجتاً تخریب و متلاشی شدن سنگها را فراهم می‌سازد. همچنین در اثر نفوذ جریان آب مانند آب رودخانه‌ها، آب باران و یا دیگر آبهای طبیعی به درون منافذ و ترکهای سنگها، آب وارد شده در اثر سرما، انجماد حاصل کرده و حجمش افزایش می‌یابد. بدین ترتیب فشار ناشی از افزایش حجم آب در اطراف سنگ سبب بروز تنش فشاری می‌گردد و تکرار اینگونه فرآیندها به تدریج باعث برهم زدن ترکیب و قالب ساختمانی سنگ می‌شود. از جمله حل شدن اجزاء تشکیل دهندهٔ سنگها نیز در اثر حرکت جریان آب می‌تواند منجر به تخریب سنگها شود که این یکی دیگر از فرآیندهایی محسوب می‌شود که بر اثر هوازدگی فیزیکی به وجود می‌آید. در واقع نمکها و مواد معدنی موجود در سنگها که بر اثر حرکت جریان آب از سنگ جدا می‌شوند، امکان نفوذ آب را به داخل حفره‌های به وجود آمده در سنگها را فراهم ساخته و در نتیجه عمل انجماد آب در اثر سرما باعث تخریب و متلاشی شدن سنگها می‌شود.

خاک رس به‌طور طبیعی از تجزیه شیمیایی فلدسپاتها در اثر هوازدگی شیمیایی به وجود می‌آید.

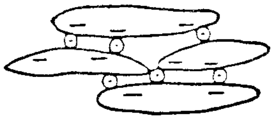
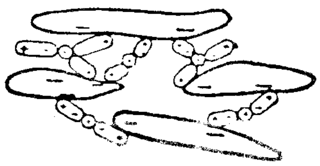
خاک رس انواع مختلفی دارد مانند «کائولینیت» و «مونت موریلونیت» در خاکهای رس آلومینیوم نیز وجود دارد و حتی بعضی از انواع خاکهای رس علاوه بر آلومینیوم دارای آهن و منیزیم نیز هستند. اگر چه بعضی دیگر از خاکهای رس فاقد آلومینیوم می‌باشند.

کانی رسی کائولینیت مینرالی است که از ۴۶ درصد Sio_2، ۴۰ درصد Al_2o_3، ۱۴ درصد H_2o تشکیل شده است و همچنین کانی رسی مونت موریلونیت مینرالی است که از ۴۰ تا ۵۰ درصد Sio_2، ۲۰ تا ۲۷ درصد Al_2o_3، ۱۷ تا ۲۲ درصد H_2o، صفر تا ۷ درصد Mgo و صفر تا ۴ درصد Cao تشکیل شده است.

بنابراین کانی رسی کائولینیت و کانی رسی مونت موریلونیت از انواع خاکهای رس محسوب می‌شوند.

ساختمان بلورهای مینرالهای رسی کائولینیت و مونت موریلونیت پولکی شکل بوده و سطح تورق ذرات بسیار نازک می‌باشد. ساختمان بلوری کائولینیت به‌صورتی است که لایه‌ها و صفحات گیبسایت و سیلیکا به‌طور متناوب یک در میان قرار دارند در حالی که در مونت موریلونیت هر صفحه گیبسایت بین دو صفحهٔ سیلیکا قرار می‌گیرد.

بنابراین مینرالهای رسی از صفحات .... و گیبسایت	سیلیکا
تشکیل می‌شوند. کائولینیت از لایه‌های .... و گیبسایت	سیلیکا
تشکیل شده است. همچنین مونت موریلونیت نیز شامل لایه‌های	

سیلیکا	و گیبسایت می‌باشد. ساختمان بلوری سیلیکا از یک صفحهٔ چهاروجهی تشکیل شده که در مرکز آن یون سیلیس و در چهارگوشهٔ آن یونهای اکسیژن قرار دارند. ساختمان بلوری گیبسایت نیز از یک صفحهٔ هشت‌وجهی تشکیل شده که در مرکز یون آلومینیوم و در شش گوشهٔ آن ۶ یون هیدروکسیل (oH) قرار دارد.
	 (A)
سیلیکا - گیبسایت	ساختمان بلوری مینرالهای رسی که از صفحات و تشکیل شده‌اند، به‌صورت پولکی شکل بوده و سطح تورق ذرات بسیار نازک می‌باشد. (شکل A) حال اگر به خاک رس مقداری آب اضافه شود، در خاک خاصیت چسبندگی به وجود می‌آید و وجود مولکولهای آب سبب می‌شود که ذرات خاک بتواند به راحتی بر روی هم بلغزند.
	

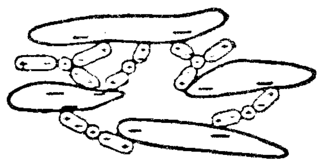
ساختمان بلوری مینرالهای رسی که از صفحات سیلیکا و گیبسایت تشکیل شده‌اند، به‌صورت پولکی شکل بوده و سطح تورق ذرات بسیارنازک می‌باشد. همانطورکه‌قبلاً نیز اشاره‌شد، ساختمان بلوری کائولینیت به‌صورتی است که صفحات گیبسایت و سیلیکا به‌طور متناوب یک در میان قرار دارند (یک صفحه سیلیکا و صفحهٔ دیگر گیبسایت) در حالیکه در مونت موریلونیت هر صفحهٔ گیبسایت بین دو صفحهٔ سیلیکا قرار می‌گیرد (یک صفحه سیلیکا، یک صفحه گیبسایت، یک صفحه سیلیکا).

حال از آنجائی که در مونت موریلونیت هر لایه گیبسایت بین دو لایهٔ سیلیکا قرار دارد و صفحات سیلیکا نیز دارای بار منفی هستند، پس در این صورت صفحات سیلیکا می‌توانند مولکولهای آب را به‌خود جذب کنند و به همین علت است که بین صفحات سیلیکا مولکولهای آب قرار می‌گیرد و مونت موریلونیت قابلیت زیادی برای جذب آب دارد.

بنابراین اگر به خاک رس مقداری آب اضافه شود، در خاک خاصیت چسبندگی به وجود می‌آید به‌طوری که وجود مولکولهای آب سبب می‌شود که ذرات خاک به راحتی بر روی هم بلغزند و خاک خاصیت شکل‌پذیری پیدا کند. به این خاصیت لغزش ذرات خاک همچنین خاصیت شکل‌پذیری یا خاصیت پلاستیسیته نیز می‌گویند.

به‌طور کلی هر چه دانه‌های ذرات خاک ریزتر و میزان درصد پولکی شکل بودن ذرات بیشتر باشد، به همان نسبت خاصیت شکل‌پذیری - پلاستی‌سیته یا خاصیت خاک بیشتر می‌شود.

اگر چه کائولینیت و مونت موریلونیت قابلیت زیادی برای

جذب آب دارند اما میزان خاصیت ...... در کائولینیت کمتر از مونت موریلونیت می‌باشد.	پلاستی‌سیته
 همانطور که در تصویر شماتیک بالا نیز مشاهده می‌شود، در بین صفحات سیلیکا مولکولهای آب قرار گرفته است زیرا صفحات سیلیکا دارای بار ...... هستند و می‌توانند مولکولهای آب را به خود جذب کنند. بنابراین مینرالهای رسی مانند کائولینیت و مونت موریلونیت قابلیت زیادی برای جذب آب دارند اما میزان خاصیت پلاستی‌سیته در ...... بیشتر از ...... است.	منفی مونت موریلونیت ـ کائولینیت
پس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در فاصلهٔ بین صفحات سیلیکا، مولکولهای آب قرار گرفته است و در واقع وجود همین مولکولهای آب در بین ذرات خاک رس باعث می‌شود که ذرات خاک به راحتی بر روی هم بلغزند به‌طوری که در اثر همین لغزش در خاک خاصیت پلاستی‌سیته ایجاد می‌گردد.	
بنابراین در مینرالهای رسی خاصیت ...... وجود دارد زیرا صفحات سیلیکا قابلیت جذب آب را دارند.	پلاستی‌سیته
در خاک‌رس خاصیت ...... زیادی وجود دارد زیرا اگر	شکل‌پذیری

خاک رس به اندازهٔ کافی مرطوب شود، وجود مولکولهای آب باعث لغزش ذرات خاک بر روی یکدیگر می‌شود و در نتیجه در خاک خاصیت پلاستی‌سیته ظاهر می‌شود. به عبارت دیگر خاک رس پلاستیک می‌شود.

بدین ترتیب اگر به خاک رس رطوبت به اندازهٔ کافی برسد، خاک رس به «گِل رس» تبدیل می‌شود که دارای خاصیت شکل‌پذیری یا خاصیت .... زیادی است به‌طوری‌که می‌توانیم آن را به شکل دلخواه در بیاوریم. اما اگر همین خمیر گل رس در معرض هوای خشک قرار بگیرد، مقدار آبی را که جذب کرده، دوباره از دست می‌دهد و خشک می‌شود.

پلاستی‌سیته

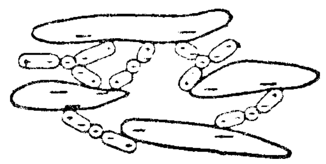
آیا اگر به این گل رس خشک شده دوباره مقداری آب اضافه شود، مجدداً در آن خاصیت شکل‌پذیری ظاهر خواهد شد؟ بله یا خیر؟

بله

اگر به این گل رس خشک شده مقداری آب اضافه شود در این‌صورت گل رس مجدداً خاصیت .... پیدا می‌کند که در واقع نشان‌دهندهٔ آن است که گل رس هنوز در مقابل نفوذ ذرات آب مقاومت ندارد در حالی که اگر به خمیر گل رس تا حد رسیدن به درجهٔ حرارت معینی گرما برسد، در گل رس کاهش حجم به وجود می‌آید و در نتیجه گل رس، آب فیزیکی خود را از دست می‌دهد و پخته می‌شود.

شکل‌پذیری

در این حالت گل رس پخته شده که به آن «سفال» نیز می‌گویند دیگر قابلیت جذب آب را ندارد و در مقابل نفوذ ذرات آب از خود مقاومت نشان می‌دهد.



در اینجا خاک رس خاصیت پلاستی‌سیته دارد.

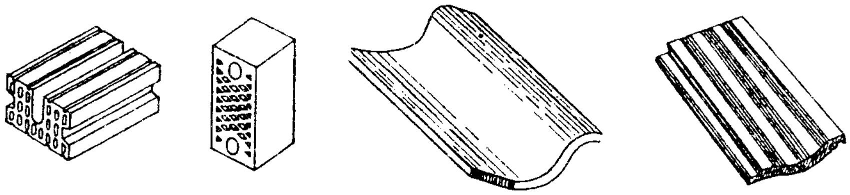
حال اگر گل رس در معرض هوای خشک قرار بگیرد، مقدار آبی را که جذب کرده، مجدداً از دست می‌دهد و خشک می‌شود. به عبارتی دیگر رطوبت داده شده به گل رس بر اثر حرارت دوباره پس گرفته می‌شود. اگر چه در این حالت خاصیت پلاستی‌سیته خود را از دست داده است اما اگر به همین گل رس خشک‌شده دوباره به‌مقدار کافی آب اضافه‌شود، مجدداً در آن خاصیت شکل‌پذیری ظاهر خواهد شد. البته لازم به ذکر است که اگر به اضافه‌کردن آب به خاک رس همچنان ادامه داده شود، جسم از حالت خمیری خارج شده و ذرات خاک در آب شناور می‌شوند به‌طوری که خمیر به حالت جسمی روان در می‌آید.

در صورتی که بخواهیم خمیر گل رس در مقابل ذرات آب نفوذپذیری نداشته باشد، باید خمیر گل رس را حرارت دهیم به عبارتی دیگر تا حد رسیدن به درجهٔ حرارت معینی باید به خمیر گل رس حرارت داده شود. بدین ترتیب گل رس آب فیزیکی خود را از دست می‌دهد و تبدیل به قطعه سختی می‌گردد. در واقع در این حالت گل رس پخته شده است به‌طوری که دیگر قابلیت جذب آن را ندارد و خاصیت شکل‌پذیری خود را

از دست داده است.	
پس اگر به گل رس ...... داده شود، گل رس آب ...... خود را از دست می‌دهد و در این حالت تبدیل به قطعهٔ سختی می‌شود که قابلیت جذب آب را ندارد. به عبارتی در این حالت گل رس ...... شده است به‌طوری‌که دیگر در مقابل ذرات آب قابلیت نفوذپذیری ندارد. اگر چه این فرآیند از دست‌دادن آب باعث تقلیل حجم گل رس می‌شود.	حرارت ـ فیزیکی پخته
بنابراین خاک رس قابلیت زیادی برای جذب آب ...... و به عبارتی دیگر میزان نفوذپذیری خاک رس ...... است. اما اگر به همین گل رس حرارت داده شود، گل رس آب فیزیکی خود را از دست می‌دهد و پخته می‌شود به‌طوری که تبدیل به جسم سختی مانند سفال می‌گردد. بنابراین تاثیر حرارت بر روی گل رس باعث می‌شود تا گل رس پخته شده تقلیل حجم پیدا کند و علاوه بر آن ترک نیز می‌خورد و حتی تاثیر حرارت باعث پیچیدن قطعه سفال نیز می‌شود. حال برای آنکه از بروز ترکیدن، تغییر حجم و پیچیدن قطعهٔ سفال جلوگیری شود باید به‌خاک‌رس ماده‌ای به‌طورمثال‌مانندماسه اضافه‌شود.	دارد زیاد
آیا ماسه نیز مانند خاک رس قابلیت نفوذپذیری دارد؟ بله یا خیر؟ از آنجائی که ماسه قابلیت نفوذپذیری ندارد، به همین علت برای جلوگیری از تقلیل حجم، ترکیدن و یا پیچیدن قطعهٔ سفال قبل از پختن گل رس، به خاک رس ...... اضافه می‌شود.	خیر ماسه

چون با افزودن آب به خاک رس ضخامتی از لایهٔ آب اطراف ذرات خاک را در بر می‌گیرد و بدین ترتیب دور دانه‌های خاک رس‌تر می‌شود، می‌توان گفت که عملکرد آب مشابهت بسیاری با عملکرد روغن دارد. زیرا روغن نیز باعث بهتر لغزیدن سطوح فلزی بر روی یکدیگر می‌شود همانطور که ذرات آب، سبب لغزیدن دانه‌های خاک بر روی یکدیگر می‌گردد. بنابراین می‌توان گفت که در خمیر گل رس خالص میزان سطح روغنکاری شده توسط آب بیشتر از خمیر گل رس و ماسه است.	
بدین ترتیب با افزودن آب به خاک رس، ضخامتی از لایهٔ آب اطراف ذرات خاک را فراگرفته و در واقع در فاصلهٔ بین صفحات سیلیکا، مولکولهای آب قرار می‌گیرد. حال چون صفحات سیلیکا دارای بار هستند و در واقع ذرات نازک پولکی شکل سیلیکا بار دارند و در ضمن مولکولهای آب نیز مانند یک دو قطبی عمل کرده و از طرف قطب جذب صفحات سیلیکا می‌شوند، بدین ترتیب مولکولهای دوقطبی آب همانند آهن‌ربا به‌صورت لایه‌ای دور ذرات خاک رس را فراگرفته و باعث ایجاد فاصله و جدائی بین ذرات خاک رس می‌شوند.	منفی منفی مثبت
بدین ترتیب هر چه مقدار آب موجود در خاک رس بیشتر شود، به همان نسبت میزان فاصلهٔ بین ذرات خاک از یکدیگر شده و در نتیجه میزان نیروی چسبندگی بین ذرات خاک می‌یابد.	بیشتر کاهش

پس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که به علت جذب مولکولهای آب در سطح ذرات خاک رس که دارای بار هستند، پدیدهٔ پلاستی‌سیته یا شکل‌پذیری در خاک به وجود می‌آید که البته هر چه ذرات خاک ریزتر باشد، به همان نسبت میزان خاصیت پلاستی‌سیته خاک می‌یابد.	دوقطبی ـ منفی افزایش
اگر به خاک رس تا اندازه‌ای رطوبت داده شود که تبدیل به خمیر گل رس شده و برای ساختن سفال مناسب باشد، در این حالت خمیر گل رس خاصیت شکل‌پذیری پیدا کرده و لغزان می‌شود به طوری که اگر آن را لمس کنیم، احساس می‌کنیم که خاک چرب است. بنابراین چون خمیر حالت لغزندگی پیدا کرده به‌طوری که به ما احساس چرب بودن خاک دست می‌دهد، در این صورت اصطلاحاً به آن «خاک چاق» گفته می‌شود اگر چه خاک رس دارای هیچ نوع چربی گیاهی و یا حیوانی نمی‌باشد.	
اما اگر به خاک رس به مقدار مناسبی ماسه اضافه شود، در این صورت دیگر به ترکیب به‌وجود آمده، خاک چاق نمی‌گویند بلکه به آن «خاک لاغر» گفته می‌شود اگر چه این هم یک اصطلاح مجازی می‌باشد.	
پس در این‌صورت ، خاکی است که‌در صورت اضافه شدن آب به خاک رس، خمیر حالت لغزانی پیدا کرده و خاصیت فرم‌پذیری داشه باشد. به‌طوری که در هنگام لمس به انسان احساس چرب بودن خاک دست بدهد که البته در این حالت خاک از درجهٔ پلاستی‌سیتهٔ بالایی برخوردار می‌باشد.	خاک چاق



در شکل‌های بالا تصاویری از سفال و آجر نشان داده می‌شود.

آجرها و سفالها از پختن گل رس به دست می‌آیند.

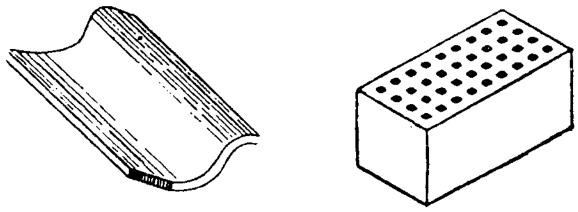
آیا در آجر و سفال قابلیت جذب آب در حدی که خاصیت شکل‌پذیری پیدا کند، وجود دارد؟ بله یا خیر؟

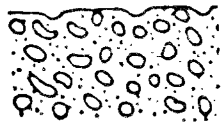
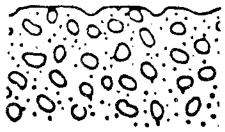
خیر

آجر ـ سفال

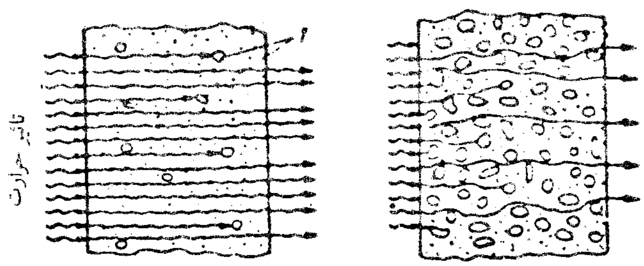
و دیگر خاصیت شکل‌پذیری ندارند زیرا در اثر حرارت سرخ کوره در هنگام پختن گل رس حتی آب مولکولی نیز از جرم جسم خارج شده و گل رس آنچنان سخت شده و دارای استقامت می‌شود که حتی قابلیت تحمل نیروی فشاری از ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع را نیز پیدا می‌کند.

به‌طور کلی سفالها و آجرها را در حرارت ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ درجهٔ سانتیگراد پخت می‌کنند.



سفال ـ آجر	در اینجا تصاویری از و نشان داده می‌شود.  سفالها و آجرها متخلخل هستند. به‌طور کلی سفالها به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از سفالهای متخلخل که شامل «آجر» و «سفال» است و سفالهای غیر متخلخل نظیر چینی. آیا مقدار سوراخ‌های هوا در این آجر زیاد است یا کم؟
زیاد	مقدار سوراخ‌های هوا در این آجر نسبتاً است.
زیاد	چون مقدار سوراخ‌های هوا در این آجر نسبتاً است، به همین علت این آجر خاصیت هدایت حرارتی کمی دارد و نتیجتاً به عنوان عایق عمل می‌کند.
بیشتر بیشتر	بنابراین هر چه میزان تخلخل در سفالها و آجرها باشد، به همان نسبت از انتقال حرارت جلوگیری می‌شود.
	 آجرها به علت داشتن سوراخ‌های زیاد هوا، خاصیت

هدایت حرارتی دارند و در نتیجه به عنوان عایق عمل می‌کنند.	کمی



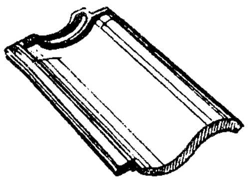
کدامیک از آجرها حرارت را بهتر منتقل می‌کنند؟ آجری که در تصویر سمت راست نشان داده می‌شود، خاصیت هدایت حرارتی دارد زیرا متخلخل‌تر است در حالی که تصویر سمت چپ آجری را نشان می‌دهد که خاصیت هدایت حرارتی دارد زیرا میزان تخلخل موجود در در آن کمتر می‌باشد. به‌طور کلی میزان تخلخل در خواص فیزیکی جسم تاثیر دارد و به همین علت از آجرهایی که دارای تخلخل هستند به عنوان حرارتی استفاده می‌شود.	کمتری بیشتری عایق

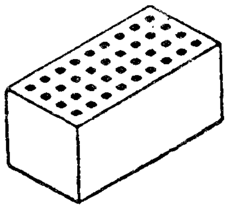
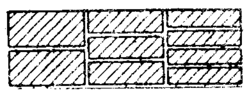
علاوه بر قابلیت انتقال حرارت در آجرها، همچنین تخلخل، قابلیت جذب آب و رطوبت، مقاومت آجر در مقابل بارهای وارده و فرسایش و جرم مخصوص از دیگر خواص فیزیکی آجرها محسوب می‌شود.

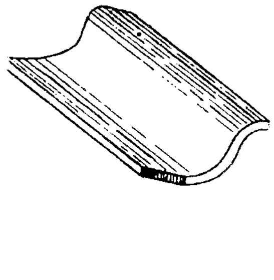
جرم مخصوص (Density) میزان تراکم ماده را بیان می‌کند. هر چه میزان جرم مخصوص جسمی بیشتر باشد، به همان نسبت جسم از سنگینی بیشتری برخوردار می‌باشد، خاصیت

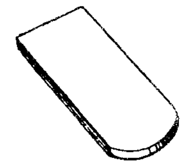
هدایت حرارتی بیشتری دارد و مقاومت آن نیز در مقابل بارهای وارده بیشتر است. «جرم مخصوص» (D) برابر با خارج قسمت جرم ماده (M) به حجم آن (V) می‌باشد.	
بدین ترتیب Density میزان تراکم ماده را بیان می‌کند به‌طوری که هرچه‌میزان جسمی‌بیشترباشد، به همان نسبت جسم از سنگینی بیشتری برخوردار می‌باشد، خاصیت هدایت حرارتی دارد و مقاومت آن نیز در مقابل بارهای وارده است.	جرم مخصوص جرم مخصوص بیشتری بیشتر
اگر چه وجود تخلخل یا فضاهای خالی مانند سوراخها در مقدار جرم جسمی مانند آجر تاثیر ندارد اما در خواص فیزیکی آجر تاثیر می‌گذارد. به‌هر حال اجسام در طبیعت دارای تخلخل هستند و در بین ذرات تشکیل دهندهٔ جسم هوا و یا حتی رطوبت وجود دارد و همچنین وجود فضاهای خای مصنوعی نیز در مصالحی مانند آجر در خواص فیزیکی آنها اثر می‌گذارد. به همین علت در «جرم مخصوص ظاهری» (Bulk Density)، حجم کلی جسم با در نظرگرفتن حجم سوراخ‌ها و تخلخل محاسبه می‌شود در حالی که در جرم مخصوص که در واقع همان جرم مخصوص خالص است، نسبت جرم جسم به حجم آن بدون در نظرگرفتن حجم سوراخ‌ها محاسبه می‌شود. واحد جرم مخصوص ظاهری برحسب gr/cm^3 و یا Kg/m^3 محاسبه می‌شود. بنابراین جرم مخصوص ظاهری آجر برابر با خارج قسمت جرم آجر پخته شده به حجم آجر با در نظرگرفتن	

سوراخها می‌باشد.	
آیا در جرم مخصوص ظاهری حجم کلی جسم بدون در نظر گرفتن حجم سوراخهاو تخلخل محاسبه می‌شود؟ بله یا خیر؟	خیر
جرم مخصوص ظاهری آجر برابر با خارج قسمت جرم آجر پخته شده به حجم آجر با در نظر گرفتن سوراخها می‌باشد در حالی که در نسبت جرم جسم به حجم آن بدون در نظر گرفتن حجم سوراخها محاسبه می‌شود.	جرم مخصوص



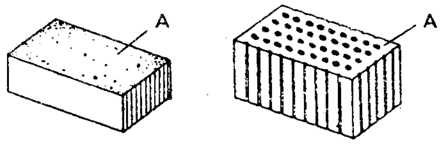



در سمت چپ تصاویری از سفال بام و در سمت راست تصاویری از آجر نشان داده می‌شود.	
 در اینجا تصویری از یک مشاهده می‌شود.	سفال بام



این شکل نیز تصویری از یک .... را نشان می‌دهد

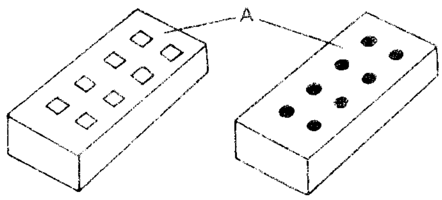
سفال بام



در شکل‌های بالا تصاویر دو آجر نشان داده می‌شود که از نوع آجر سفالی هستند. در آجر سفالی سمت راست سوراخهایی در سطح بزرگتر آجر که در تصویر با علامت (A) نشان داده می‌شود، وجود دارد در حالی که آجر سفالی سمت چپ یک آجر تو پُر بدون سوراخ است.

این آجرهای سفالی از نظر ابعاد از نوع آجرهای کامل هستند.

به آجر سفالی سمت راست که دارای سوراخ است، «آجر سوراخ‌دار سفالی» می‌گویند و به آجر سفالی سمت چپ که بدون سوراخ است، «آجر توپر سفالی» گفته می‌شود.

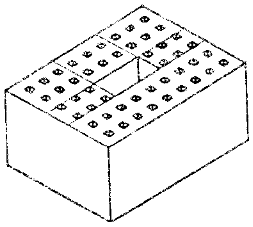


در اینجا تصاویری از نشان داده می‌شود.

در یک آجر سوراخ‌دار سفالی نباید سطح مقطع مجموع سوراخها از سطح بزرگتر آجر تجاوز کند و سطح مقطع هر سوراخ نیز نباید بیشتر از $6cm^2$ باشد.

آجرهای سفالی

٪۱۵



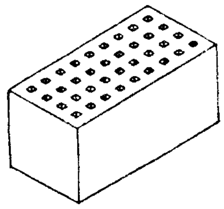
آیا این شکل یک آجر سوراخ‌دار سفالی را نشان می‌دهد؟ بله یا خیر؟

این شکل یک آجر سوراخ‌دار سفالی نیست زیرا سطح مقطع مجموع از ٪۱۵ سطح بزرگتر آجر تجاوز می‌کند.

در این آجر سطح مقطع فضای خالی که در وسط آجر وجود دارد، بیشتر از $6cm^2$ می‌باشد.

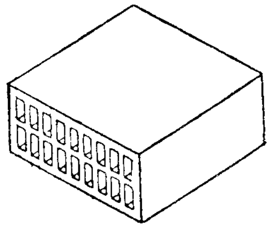
خیر

سوراخ‌ها



شکل بالا تصویری از یک آجر توخالی را نشان می‌دهد.

در این آجر توخالی سفالی سطح مقطع مجموع سوراخ‌ها بیشتر از ۱۵٪ سطح بزرگتر آجر است و سطح مقطع هر سوراخ از $۲/۵cm^2$ تجاوز نمی‌کند. همچنین در این آجر توخالی جهت هر سوراخ در امتداد عمود بر سطح بزرگتر آجر قرار دارد.



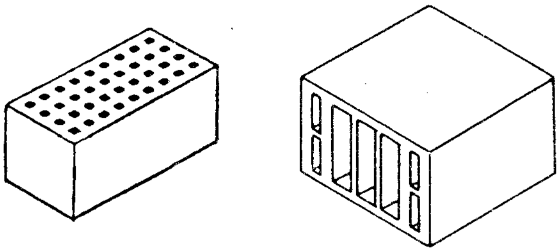
آیا شکل بالا تصویری از یک آجر سوراخ‌دار سفالی را نشان می‌دهد که جهت سوراخ‌هایش در امتداد عمود بر سطح بزرگتر آجر قرار دارد؟ بله یا خیر؟

خیر

اگر چه این یک آجر توخالی سفالی است اما جهت سوراخهایش در امتداد ______ بر سطح بزرگتر آجر قرار نگرفته است بلکه سوراخ‌ها در جهت ______ با سطح بزرگتر آجر قرار دارند.

عمود

موازی



آجر توخالی سفالی	در سمت‌چپ تصویر یک دیده می‌شود
عمود	که جهت سوراخ هایش در امتداد بر سطح بزرگتر آجر
آجر توخالی سفالی	قرار دارد و در سمت راست شکل یک
موازی	نشان داده می‌شود که جهت سوراخ‌هایش در امتداد با
	سطح بزرگتر آجر قرار گرفته است.
بیشتر	همچنین سطح مقطع مجموع سوراخ‌ها در این آجرها
	از ۱۵٪ سطح بزرگتر آجر می‌باشد.

به‌طور کلی آجرها باید در مقابل یخ‌زدگی مقاومت کافی داشته باشند تا حدی که در درجه حرارتهای زیر صفر درجهٔ سانتیگراد ترک‌خوردگی پیدا نکنند و خرد نشوند. به‌طور مثال اگر قرار شود که آجرهای سفالی در برابر یخبندان مقاومت کافی داشته باشند اولاً باید برای تهیهٔ گل رس از خاک رس مناسب استفاده شود و در ثانی خشت خام را باید در حرارت ۱۱۰۰ تا ۱۴۰۰ درجهٔ سانتیگراد پخت کنند. البته نوع و چگونگی جنس آجر نیز به مواد اولیهٔ آن بستگی دارد.

چنانچه گل رس در حرارت ۱۱۰۰ تا ۱۴۰۰ درجهٔ سانتیگراد پخت شود، خاک شروع به ذوب شدن می‌کند و به‌صورت سیال

ذوب شده‌ای در می‌آید به‌طوری که در این مرحله اصطلاحاً «سینترن» Sintern نامیده می‌شود. و به آجری که به این روش تهیه می‌شود، آجر کلینکر Klinker می‌گویند.	
بنابرانی برای تهیه آجر گل رس را در حرارت ۱۱۰۰ تا ۱۴۰۰ درجهٔ سانتیگراد پخت می‌کنند به طوری که ساختمان مولکولی خاک در مرحلهٔ در هم‌ریختگی قرار می‌گیرد و خاک شروع به ذوب شدن می‌کند و به‌صورت سیال ذوب شده‌ای در می‌آید که به این مرحله می‌گویند.	کلینکر سینترن
چون گل رس به مرحلهٔ ذوب شدن و شیشه‌ای شدن می‌رسد، سطح روی آجر حالت شیشه‌ای، صاف و لغزانی پیدا می‌کند. آجرهای بسیار سخت و دارای استقامت و استحکام زیادی هستند به‌طوری که قادرند فشارها و ضربه‌های بسیار شدیدی را تحمل کنند، در برابر جذب رطوبت و آب نفوذ ناپذیرند و در ضمن مقاومت زیادی در مقابل عوامل شیمیایی دارند. بنابراین آجر که از جمله سنگهای مصنوعی به‌شمار می‌رود، دارای هیچگونه منفذی نمی‌باشد و به همین علت در مقابل نفوذ آب شدیداً از خود مقاومت نشان می‌دهد.	کلینکر کلینکر کلینکر

«آجر»

مادهٔ اولیه آجر و سفال از خاک رس تهیه می‌شود زیرا خاکهای رسی خاصیت شکل‌پذیری زیادی دارند به‌طوری که اگر به خاک رس تا اندازه‌ای رطوبت داده شود، تبدیل به خمیری می‌شود که خاصیت شکل‌پذیری پیدا کرده و می‌توان آن را به هر شکل دلخواهی در آورد. حال اگر به این خاک رس به مقدار مناسبی ماسه یا مواد مشابه اضافه شود، در این صورت به «خاک لاغر» تبدیل می‌شود. اگر چه در زمانهای قدیم برای تهیه آجر که در واقع به عنوان سنگی مصنوعی شناخته می‌شود، از کوره‌های قدیمی استفاده می‌کردند و عمل خشت‌زنی با دست انجام می‌شد به‌طوری که خشت‌های قالبگیری شده را در کنار هم چیده و در معرض جریان هوا قرار می‌دادند تا خشک شود که البته اینگونه آجرها برای تحمل فشارهای ساختمانی از استحکام کافی برخوردار نبودند زیرا رطوبت در هنگام خشک شدن خشتها نمی‌توانست به خوبی از خشت خارج شود در حالی که امروزه در کارخانه‌های اتوماتیک همهٔ مراحل خشت‌زنی به وسیلهٔ ماشین صورت می‌گیرد و در نتیجه آجرهای مرغوبتری به دست می‌آید. آجرهایی که به علت دارابودن سختی و استحکام بیشتر می‌توانند بارهای وارده را به خوبی تحمل کنند. رنگ آجرها وابستگی زیادی به اکسید فلزاتی دارد که در انواع خاکهای رسی وجود دارد. به طوری که مثلاً سرخ بودن خاک‌رس به‌علت‌اکسید آهن موجود در خاک‌می‌باشد.

اگر چه آجرها به مقدار کمی دارای خاصیت جذب آب هستند به‌طوری که وجود همین خاصیت مکندگی در آجرها سبب می‌شود که آجر بتواند آب ملات یا سیمان را مکیده و در نتیجه

به ملات یا سیمان بچسبد اما با این وجود آجرها در مقابل جذب آب نفوذپذیری ندارند.

آجرهای مرغوب، آجرهایی هستند که در مقابل نفوذ آب و رطوبت مقاوم می‌باشند و حتی در برابر تاثیرات شیمیایی و یخبندان نیز از خود مقاومت نشان می‌دهند، دارای تخلخل کمی هستند و نتیجتاً خاصیت هدایت   کمی دارند. حرارتی

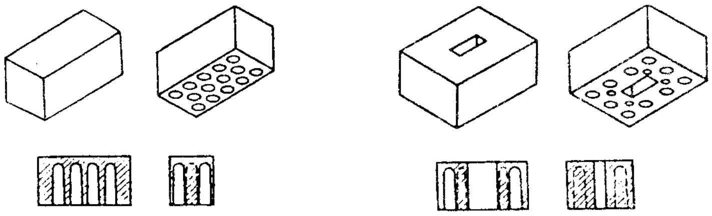
«آجر کلینکر»

آجر کلینکر که از نوع آجر   بوده و مادهٔ اولیهٔ آن از خاک   به‌دست می‌آید، در درجهٔ حرارتهای بالا (۱۱۰۰ تا ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد) پخت می‌شود. در این مرحله که به آن   می‌گویند، خاک شروع به ذوب‌شدن می‌کند و به صورت سیال ذوب شده‌ای در می‌آید. آجرهای کلینکر با استحکام و سخت می‌باشند، مقاوم در برابر فشار و مقاوم در مقابل یخبندان و تاثیرات شیمیایی هستند.

رسی
رس
سینترن

آجرهای کلینکر به رنگهای قرمز تا سیاه و حتی در صورت استفاده از خاکهای رسی مشخصی همچنین به رنگ زرد نیز وجود دارند.

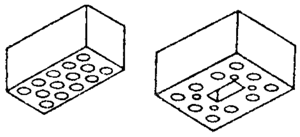
از آجرهای کلینکر به علت دارا بودن استحکام زیاد در کف زمین، سنگفرش کف خیابانها و همچنین در کانالها و تونلها نیز استفاده می‌شود.



در اینجا تصاویری از دو آجر از سطوح مختلف نظیر سطوح بزرگتر آجر (سطح روئی و سطح زیرین آجر) و برش عرضی و برش طولی نشان داده می‌شود. به این آجرها که در شکلهای بالا مشاهده می‌شود، «آجرهای ماسه آهکی» می‌گویند.

آجرهای ماسه آهکی، آجرهایی هستند که از ترکیب آهک (Cao) و ماسهٔ سیلیسی (Sio_2) تشکیل شده‌اند.

به اکسید آهک (Cao) همچنین «آهک زنده» نیز می‌گویند.



در اینجا نیز تصاویری از آجرهای .... دیده می‌شود.

آجر ماسه آهکی که از ترکیب .... (Sio_2) و .... (Cao) تشکیل می‌شود، بدین ترتیب تهیه می‌گردد که نخست .... (Sio_2) و .... (Cao) را خوب مخلـوط کرده و سپس مخلوط ماسه آهک را تحت فشار چند اتمسفر بخار آب قرار مـی‌دهند. پس از آنکـه

ماسه آهکی

ماسه سیلیسی -

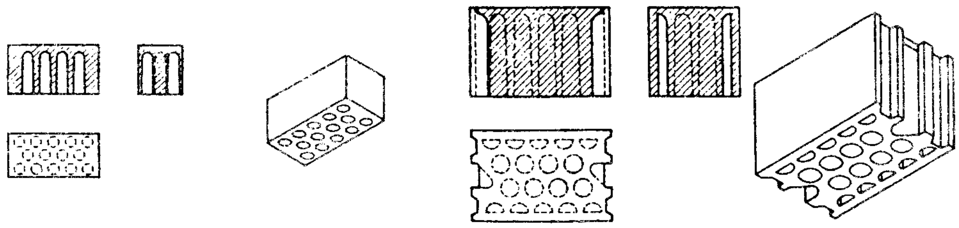
آهک زنده

ماسهٔ سیلیسی -

آهک زنده

بخار در ذرات ماسه آهک به‌خوبی نفوذ کرده و در واقع تمام ذرات آهک کاملاً هیدراته شد، آنگاه مخلوط ماسه آهک توسط پرس هیدرولیکی قالبگیری می‌شود و آجرها پس از قالبگیری وارد کوره شده و پخته می‌شوند.

در اینجا این نکته باید مورد توجه قرار گیرد که هرگز نباید در آجر قالبگیری شده، آهک زنده (Cao) داخل شود و حتماً باید از آهک هیدراته شده (آهکی که تمام ذراتش در معرض آب قرار گرفته است) استفاده شود زیرا بعداً در صورت قرار گرفتن آجر در معرض آب، آهک زنده به علت ازدیاد حجمی که پس از ترکیب با آب پیدا می‌کند، آجر را تخریب و متلاشی می‌سازد. به آهک هیدارته شده همچنین «آهک شکفته» نیز گفته می‌شود.

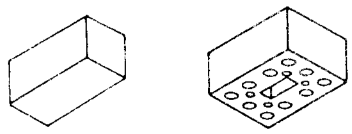


ماسه‌آهکی-آهک‌زنده
سیلیسی
سیلیسی

این آجرهای از ترکیب (Cao) با ماسهٔ (SiO_2) تشکیل شده‌اند.
ماسهٔ (SiO_2) پس از مخلوط شدن با آهک زنده تحت فشار بخار آب قرار می‌گیرد که در این حالت بخار با فشار چند اتمسفر وارد محفظه شده و در این حالت بخار در تمام ذرات ماسه آهک نفوذ می‌کند به‌صورتی که کلیهٔ ذرات آهک کاملاً هیدراته می‌شود. بدین ترتیب اکسید آهک (Cao) در اثر

ترکیب با آب تبدیل به آهک هیدراته یا   می‌شود. سپس مخلوط ماسه آهک توسط پرس اتوماتیک قالبگیری شده و آنگاه آجرها پس از قالبگیری به منظور پخته شدن وارد کوره می‌شوند. البته به آهک هیدراته شده همچنین هیدرات کلسیم $Ca(oH)_2$ نیز گفته می‌شود.

آهک شکفته



آجر سوراخ‌دار ماسه آهکی — آجر توپر ماسه آهکی

در شکل‌های بالا تصاویری از آجرهای   دیده می‌شوند که از نوع آجر سوراخ‌دار ماسه آهکی و آجر تو پر ماسه آهکی هستند.

در آجرهای سوراخ‌دار ماسه آهکی جهت سوراخ در امتداد عمود بر سطح بزرگتر آجر قرار گرفته است و سطح مقطع مجموع سوراخ‌ها نیز نباید بیشتر از ۲۵٪ سطح بزرگتر آجر باشد. همچنین سطح مقطع هر سوراخ نیز نباید از $10cm^2$ تجاوز کند. به علت ترکیب سیلیس با آهک در آجرهای ماسه آهکی، اینگونه آجرها از سختی خوبی برخوردارند.

ماسه آهکی

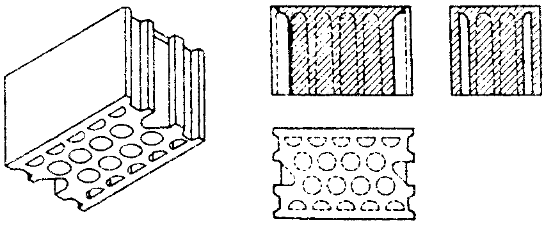


در اینجا تصویری از یک آجر سوراخ‌دار ماسه آهکی و

همچنین تصاویری از برش طولی و برش عرضی آجر نشان داده می‌شود.

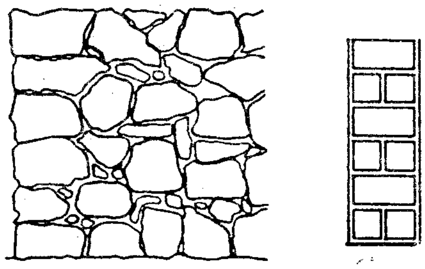
در این آجر سوراخ‌دار ماسه آهکی جهت سوراخها در امتداد عمود بر سطح بزرگتر آجر قرار دارد.

بنابراین سوراخ‌های این آجر سوراخ‌دار ماسه آهکی از سه جهت مختلف نمایش داده می‌شوند که عبارتند از مقطع عرضی، مقطع طولی و جهتی که سوراخ‌ها در امتداد عمود بر سطح بزرگتر آجر قرار دارند.



در شکل بالا تصویری از یک آجر توخالی ماسه آهکی نشان داده می‌شود. همچنین از این آجر توخالی از سه جهت مختلف مقطع گرفته شده است که عبارتند از: برش طولی، برش عرضی و مقطعی از سطح بزرگتر آجر که جهت سوراخ‌ها در امتداد عمود بر آن واقع شده است.

این نوع آجرهای توخالی ماسه آهکی از دیگر انواع آجرهای توخالی ماسه‌آهکی بزرگتر می‌باشد و جهت فضاهای خالی در اینگونه آجرها نیز در امتداد عمود بر سطح بزرگتر آجر قرار دارد.



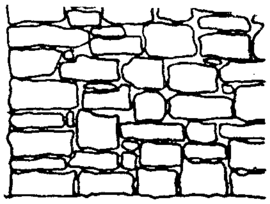
شکلهای بالا تصویرهایی از دو دیوار را نشان می‌دهد.

آیا در دیواری که در تصویر سمت چپ دیده می‌شود، آجر ماسه آهکی مصرف شده است؟ بله یا خیر؟

در دیواری که در تصویر سمت چپ نشان داده می‌شود آجر .... به‌کار نرفته است بلکه در این دیوار از سنگهای طبیعی استفاده شده است.

خیر

ماسه آهکی



آیا در این دیوار نیز از سنگهای طبیعی استفاده شده است؟ بله یا خیر؟

در این دیوار سنگهای .... مصرف شده است.

سنگهای طبیعی که از سخت شدن مواد معدنی طبیعی به وجود آمده‌اند، با وسایل مکانیکی قابل استخراج هستند و در مقایسه با انواع آجرها در مقابل عوامل جوی و سائیدگی

بله

طبیعی

مقاومت بیشتری دارند.	
آیا آجر نیز از نوع سنگهای طبیعی محسوب می‌شود؟ بله یا خیر؟ آجر جزو سنگهـــای طبیعـــی محسوب نمی‌شود بلکه جزو سنگهای .... است زیرا به‌طور طبیعی به وجود نیامده است و بشر آن را به صورت مصنوعی می‌سازد. آجر در مقایسه با سنگهای طبیعی در مقابل عوامل جوّی و سایش از مقاومت .... برخوردار است.	خیر مصنوعی کمتری
همچنین به آجرهای ماسه آهکی نیز سنگهای .... گفته می‌شود زیرا آجرهای ماسه آهکی نیز به‌طور طبیعی به وجود نیامده‌اند. آجرهای ماسه آهکی در مقایسه با سنگهای طبیعی در مقابل عوامل جوی و سایش از مقاومت .... برخوردارند.	مصنوعی کمتری
آیا آجرهای ماسه آهکی در کوره‌های آجرپزی فقط با اعمال حرارت پخته می‌شوند؟ بله یا خیر؟ آجرهای ماسه آهکی برای پخته‌شدن به دو عامل حرارت و فشار احتیاج دارند. در واقع آجرهای ماسه آهکی در هنگام پختن تحت فشار و حرارت قرار می‌گیرند به‌طوری که هر چه میزان فشار افزایش یابد، زمان پخت کوتاهتر می‌شود.	خیر
همانطور که می‌دانید در تهیه آجرهای ماسه آهکی تمام ذرات آهک باید قبل از آنکه آجرها قالبگیری شوند، کاملاً .... شده باشند. بدین ترتیب که مخلوط ماسه و آهک	هیدارته

را در محفظهٔ دربسته‌ای تحت فشار چند اتمسفر قرار می‌دهند تا حدی که .... در ذرات ماسه آهک به خوبی نفوذ کرده و ذرات آهک کاملاً .... شوند. سپس مخلوط ماسه آهک توسط پرس‌های اتوماتیک قالبگیری شده و قالبهای آجر وارد کوره می‌شوند تا تحت فشار و حرارت پخته شوند. آیا آجرهای سفالی نیز در هنگام پخت تحت فشار بخار قرار می‌گیرند؟ روش تهیهٔ آجرهای سفالی با آجرهای ماسه آهکی تفاوت دارد. در تهیهٔ آجرهای سفالی پس از آنکه خاک رس به میزان معینی با آب کاملاً مخلوط شده و گل رس به صورت خمیر نرم و یکنواختی درآمد، خمیر گل رس را خشت‌زنی کرده و پس از قالب‌زدن خشتها را وارد کوره می‌کنند تا پخته شود.	بخار آب بخار آب هیدراته
بنابراین برای تهیهٔ آجرهای ماسه آهکی استفاده از دو عامل حرارت و .... مورد لزوم می‌باشد. به‌طوری‌که هرچه میزان .... بخار افزایش یابد، زمان پخت آجر کوتاه‌تر می‌شود در حالی که برای پخت آجرهای سفالی از .... بخار استفاده نمی‌شود و خمیر گل رس را پس از خشت زدن وارد کوره می‌کنند تا پخته شود.	فشار فشار فشار

گرانیت (Granite)

مشخصات کلی گرانیت: متن A

گرانیت دارای فلدسپار، کوارتز، میکا (از نوع بیوتیت و مسکویت) و هورنبلند می‌باشد چون کوارتز به علت دارا بودن سختی زیاد جزو مقاومترین مینرالها به شمار می‌رود، وجودش در گرانیت عامل تعیین کنندهٔ درجهٔ سختی گرانیت است که علاوه بر آن وجود هورنبلند با درجهٔ سختی زیاد سبب می‌شود که سنگ گرانیت به عنوان یک سنگ سختی شناخته شود.

به‌طور کلی رنگ گرانیت وابستگی به نوع و مقدار فلدسپات دارد و بیوتیت نیز عاملی است که مقاومت گرانیت را در مقابل هوازدگی افزایش می‌دهد زیرا میکا مقاومت زیادی در برابر حرارت دارد.

از جمله خصوصیاتی که در سنگ گرانیت وجود دارد عبارتند از: استحکام و سختی گرانیت در مقابل هوازدگی (مقاومت سنگ در مقابل عوامل جوی)، سختی گرانیت در هنگام استخراج، برش و پرداخت، مقاومت سنگ در مقابل سائیدگی، جلاء و تلالوء سنگ (جلاپذیری و آئینه‌ای بودن سنگ)، سختی و خشن بودن گرانیت در هنگام انفجار سنگ. یکنواختی بافت دانه‌ها در گرانیت از جمله خصوصیات مطلوب در سنگ گرانیت محسوب می‌شود. زیرا در صورت یکنواخت نبودن بافت دانه‌ها، سنگ ارزش تجاری خود را از دست می‌دهد. به‌طور کلی سنگهای گرانیتی با بافت دانه‌ریز تا دانه متوسط که دارای یکنواختی بافت دانه‌ها هستند، از نظر تجارتی با ارزش و مورد دلخواه می‌باشند.

معایب گرانیت (خصوصیات نامطلوب در سنگ گرانیت): اگر چه گرانیت دارای رنگ روشن است اما چون رنگ گرانیت وابستگی به نوع و مقدار فلدسپات دارد، نسبت میزان فلدسپات می‌تواند به عنوان عاملی در تیره رنگ شدن گرانیت تاثیر بگذارد. از طرفی بافت دانه درشت و تخلخل در سنگ نیز از دیگر معایب گرانیت به شمار می‌رود. گرانیت که از گروه سنگهای آذرین درونی می‌باشد، به‌صورت توده نفوذی تشکیل می‌شود و دارای بافت دانه‌درشت است که البته علت دانه درشت بودن بافت گرانیت نیز آن است که مواد مذاب داخل هستهٔ کرهٔ زمین به خارج نفوذ می‌کند و چون سرد شدن مواد مذاب

به‌طور تدریجی صورت می‌گیرد، زمان کافی برای تشکیل کریستالها وجود دارد و در نتیجه مینرالها به صورت بلورهای دانه درشت (کریستالهای درشت) متبلور می‌شوند. از آنجائی که یک سنگ زنگ زدهٔ ساختمانی ظاهر خوشایندی نداشته و به زیبایی سنگ لطمه وارد می‌سازد، زنگ‌زدگی در سنگ گرانیت از دیگر معایب این سنگ ساختمانی گران‌قیمت به شمار می‌رود. زنگ‌زدگی می‌تواند در ساخت داخلی گرانیت (در داخل رگه‌ها و ترکهای گرانیت) وجود داشته باشد.

گرانیت (Granite)

متن B

گرانیت یا سنگ خارا که ترکیبات اصلی شیمیایی آن شامل اکسید آلومینیوم، اکسید سیلیس همراه با اکسید آهن، پتاسیم، سدیم و کلسیم است، از فلدسپار (تا میزان ۶۰درصد)، کوارتز، میکا (از نوع بیوتیت و مسکویت) و اغلب حتی هورنبلند و اوژیت تشکیل می‌شود.

چون مینرالهای فوق‌الذکر دارای رنگهای مختلفی هستند مانند «کوارتز» به رنگهای: بی رنگ، سفید و در صورت داشتن ناخالصی به رنگ‌های مختلف و «اوژیت» به رنگهای: سبز تیره تا سیاه و «بیوتیت» یا همان «میکای سیاه» به رنگهای سیاه، قهوه‌ای و سبز تیره و «مسکویت» یا همان میکای سفید به رنگهای زردکمرنگ، قهوه‌ای، قرمز و سبز و «هورنبلند» به رنگهای سبز تیره تا سیاه، به همین علت نیز رنگ گرانیت وابسته به مینرالی است که مقدارش بیشتر از دیگر مینرالهای موجود در سنگ باشد و در واقع افزایش میزان درصد مینرال موجود در سنگ بر روی رنگ گرانیت تاثیر می‌گذارد. بدین گونه که مثلاً وجود مقدار زیادی از فلدسپات سبب می‌شود که گرانیت به رنگ زرد تا صورتی کمرنگ مایل به قرمز درآید، وجود زیاد کوارتز رنگ گرانیت را خاکستری کمرنگ می‌کند، در صورت بالا بودن درصد مسکویت، گرانیت به رنگ نقره‌ای در می‌آید و مقدار زیاد بیوتیت رنگ گرانیت را سیاه متمایل به خاکستری (دودی) می‌کند که البته در صورت ترکیب با کوارتز به صورت فلفل نمکی در می‌آید. به طور کلی گرانیت به رنگهای زرد، صورتی، قرمز، سفید، سیاه، خاکستری، آبی، سبز و قهوه‌ای در طبیعت یافت می‌شود.

اما آنچه که در سنگ گرانیت بسیار حائز اهمیت می‌باشد حتی‌المقدور یکنواختی رنگ و همچنین یکنواختی بافت در گرانیت است. مضافاً بر اینکه باید به یکنواختی در پراکندگی مینرالها نیز توجه شود یعنی اینکه مینرالها نباید به طور موضعی در یک قسمت از سنگ تجمع داشته باشند چه بسا که تجمع مینرالهای تیره رنگ به صورت خالهای سیاه به زیبایی و جلوهٔ سنگ لطمه وارد می‌سازد و بدین ترتیب از ارزش تجارتی سنگ کاسته می‌شود.

همچنین توجه و دقت و یا بی‌دقتی در پرداخت سنگ گرانیت می‌تواند در میزان

زیبایی و جلاء سنگ بسیار تاثیر بگذارد زیرا سنگ گرانیت قابلیت زیادی در صیقلی شدن دارد به‌طوری که سطح سنگ بعد از پرداخت نهایی می‌تواند به صورت خشن، طبیعی و یا ظریف (بسیار صیقلی) در آید.

به‌طور کلی هر چه درصد مقدار کوارتز در گرانیت بیشتر و درصد مقدار میکا کمتر باشد، سنگ گرانیت دارای جنس بهتری است زیرا وجود مینرال کوارتز در گرانیت سبب می‌شود که سنگ گرانیت به‌عنوان یک سنگ سخت شناخته شده به عبارتی دیگر وجود کوارتز در گرانیت به‌عنوان یک صفت مطلوب تلقی شود. اگر چه برعکس وجود میکا در گرانیت باعث کاهش درجهٔ مقاومت سنگ می‌شود زیرا میکا قابلیت ورقه شدن دارند و بلورهای نامنظم میکا به آسانی پاره و خرد می‌شوند. میکاها نرم هستند و به آسانی ترک بر می‌دارند پس در صورتی که مقدار درصد میکا در سنگ گرانیت زیاد باشد، درجهٔ مقاومت گرانیت را کاهش می‌دهد که البته این اصل به‌طور مشابه در مورد وجود سولفور طبیعی آهن FeS_2 نیز در گرانیت صادق می‌باشد.

- لطفاً با توجه به متن‌های «گرانیت، A و B»، در متن زیر جاهای خالی را پر کنید:

متن	پاسخ
گرانیت یا سنگ که ترکیبات اصلی شیمیایی آن شامل	خارا
اکسید ، اکسید ، همراه با اکسید آهن،	آلومینیوم - سیلیس
پتاسیم، سدیم و کلسیم است از (تا میزان ۶۰ درصد)،	فلدسپار - کوارتز
، (از نوع بیوتیت و مسکویت) و اغلب حتی	میکا
هورنبلند و اوژیت تشکیل می‌شود.	
چون به‌علت دارا بودن سختی زیاد جزو مقاومترین	کوارتز
مینرالها به شمار می‌رود، وجودش در گرانیت عامل تعیین‌کنندهٔ	
درجهٔ سختی گرانیت است که علاوه بر آن وجود نیز	هورنبلند
با درجهٔ سختی زیاد سبب می‌شود که سنگ گرانیت به عنوان	
یک سنگ سخت شناخته شود.	
اگر چه گرانیت دارای رنگ روشن است اما چون رنگ	
گرانیت توسط نوع و مقدار تعیین می‌شود، نسبت	فلدسپات
میزان می‌تواند به‌عنوان عاملی در تیره‌رنگ شدن	فلدسپات
گرانیت تاثیر بگذارد. گرانیت که از گروه سنگهای آذرین	درونی
می‌باشد، به‌صورت توده‌های نفوذی تشکیل می‌شود و دارای	
بافت دانه است.	درشت
بافت دانه‌ها در گرانیت از جمله خصوصیات	یکنواختی
مطلوب در سنگ گرانیت محسوب می‌شود زیرا درصورت	یکنواخت
نبودن بافت دانه‌ها، سنگ ارزش تجارتی خود را از دست می‌دهد.	
به طور کلی سنگهای گرانیتی با بافت دانه‌ریز تا دانه متوسط	
که دارای در بافت دانه‌ها هستند، از نظر تجارتی با	یکنواختی
ارزش و مورد دلخواه می‌باشند.	
مینرالی است که مقاومت گرانیت را در مقابل	بیوتیت
هوازدگی افزایش می‌دهد زیرا مقاومت زیادی در برابر	میکا

حرارت دارد.	
به‌طورکلی هرچه درصد مقدار .... در گرانیت‌بیشتر	کوارتز
و درصد مقدار .... کمتر باشد، سنگ گرانیت دارای جنس	میکا
بهتری است زیرا وجود مینرال .... در گرانیت سبب	کوارتز
می‌شود که‌سنگ گرانیت به‌عنوان یک سنگ سخت شناخته شود	
درحالی‌که وجود .... در گرانیت‌باعث‌کاهش‌درجهٔ‌مقاومت	میکا
سنگ می‌شود. بلورهای‌نامنظم .... به آسانی پاره و خرد	میکا
می‌شوند. .... نرم هستند و به‌آسانی ترک برمی‌دارند.	میکاها

«خصوصیات و خواص سنگهای ساختمانی»

جرم مخصوص (Density)

مصالح ساختمانی دارای خواص فیزیکی و مکانیکی مختلفی هستند مانند جرم، وزن، جرم مخصوص (دانسیته)، تخلخل، نفوذپذیری مصالح در برابر آب، قابلیت انتقال حرارت، مقاومت در مقابل عوامل جوی، سایش، مقاومت در برابر بارهای وارده و غیره.

«جرم» یک جسم در واقع همان اجزاء تشکیل دهندهٔ جسم است که از آن به عنوان عاملی برای بیان کمیّت جرم مخصوص (Density) استفاده می‌شود. جرم مخصوص (Density) برابر با خارج قسمت ماده به آن می‌باشد که برحسب gr/cm^3 یا Kg/m^3 محاسبه می‌شود. بنابراین معتبر است:

جرم - حجم

$$D = \frac{M}{V}$$

اگر قرار باشد که در محاسبهٔ جرم مخصوص جسمی (مانند آجر) وجود سوراخ‌ها و فضاهای خالی در نظر گرفته شود، در این صورت مقدار به دست آمده کمتر از مقداری می‌شود که بدون در نظر گرفتن سوراخ‌ها و فضاهای خالی باشد. اگر چه چون وجود سوراخ‌ها در بروز خواص فیزیکی مصالح نقش تعیین‌کننده‌ای دارد، به همین سبب کاربرد جرم مخصوص ظاهری (Bulk Density) در محاسبات بیشتر است. چون دو کمیّت دیگر نیز مانند تخلخل (Porosity) و ضریب دانسیته (Density index) نیز در بروز خواص فیزیکی مصالح از اهمیت زیادی برخوردارند، بدین سبب در این باره نیز مختصراً توضیحاتی داده می‌شود:

تخلخل (Porosity)

از کمیت تخلخل (Porosity) به عنوان عاملی برای تحقیق در مورد نفوذپذیری سنگهای طبیعی و سنگهای مصنوعی در برابر آب استفاده می‌شود. وجود خاصیت نفوذپذیری یا جذب آب در قطعات مصالح (مانند سنگ، آجر، کاشی) سبب می‌شود که قطعات مصالح بر اثر خاصیت مکندگی، آب ملات را به‌خود بمکند و در نتیجه در اثر نفوذ مواد موجود در ملات (مانند سیمان) که خاصیت چسبندگی دارد به درون مصالح، قطعات مصالح به ملات بچسبند. علاوه بر وابستگی خاصیت جذب آب به تخلخل موجود در مصالح، همچنین قابلیت هدایت حرارتی نیز به‌میزان تخلخل بستگی دارد به‌طوری که‌هر چه درصد تخلخل در مصالح بالاتر باشد، حرارت کمتری منتقل می‌شود.

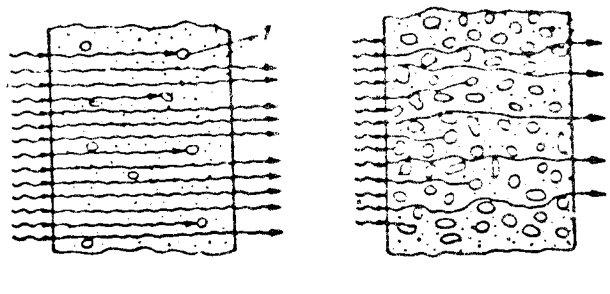
تخلخل مصالح (n) برابر با خارج قسمت (V_V) یا در واقع همان

حجم کل حفره‌های داخل مصالح ـ حجم فضاهای خالی بین ذرات جسم ـ حجم کل مصالح

است که توسط آب و هوا اشغال می‌شود به (V) که برحسب درصد بیان می‌گردد.

بنابراین معتبر است:

$$n=\frac{V_V}{V}\times 100$$



ضریب دانسیته (Density index)

ضریب دانسیته (Density index) نشان دهندهٔ آن است که

چند درصد از حجم مصالح از مادهٔ جامد پر شده است و در رابطهٔ خارج قسمت جرم‌مخصوص ظاهری (D_b) به جرم مخصوص خالص (D) برحسب درصد بیان می‌شود.

بنابراین صدق می‌کند:

$$do = \frac{D_b}{D} \times 100$$

تاثیر حرارت در مصالح ساختمانی

از جمله خواص فیزیکی مصالح که بسیار مورد توجه قرار می‌گیرد، تاثیر حرارت در مصالح ساختمانی است به طوری که تشخیص تاثیر حرارت نظیر میزان قابلیت هدایت حرارت و نیز عایق بودن جسم در برابر هدایت حرارت از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد.

چون مصالح ساختمانی باید در مقابل هدایت حرارت عایق باشند، به همین سبب مواد متخلخل به عنوان عایق حرارتی مورد مصرف قرار می‌گیرند.

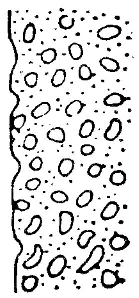
به‌طور کلی قابلیت هدایت حرارت در مصالح ساختمانی مصنوعی به میزان تخلخل در مصالح وابستگی دارد به طوری که هر چه میزان تخلخل افزایش پیدا کند، به همان نسبت حرارت کمتری منتقل می‌شود. همانطور که می‌دانید هر چه جرم مخصوص جسمی بیشتری باشد در واقع جسم متراکم‌تر است و در نتیجه بهتر می‌تواند حرارت را منتقل کند. به عبارتی دیگر هر چه درصد جرم مخصوص جسمی بالاتر باشد، ضریب هدایت حرارتی آن افزایش می‌یابد و به همین علت موادی که قابلیت هدایت حرارتی زیادی دارند، عایق‌های حرارتی خوبی نیستند.

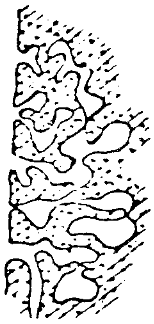
نوع تخلخل

تاثیر آب و رطوبت نیز جزو خواص فیزیکی مصالح به شمار

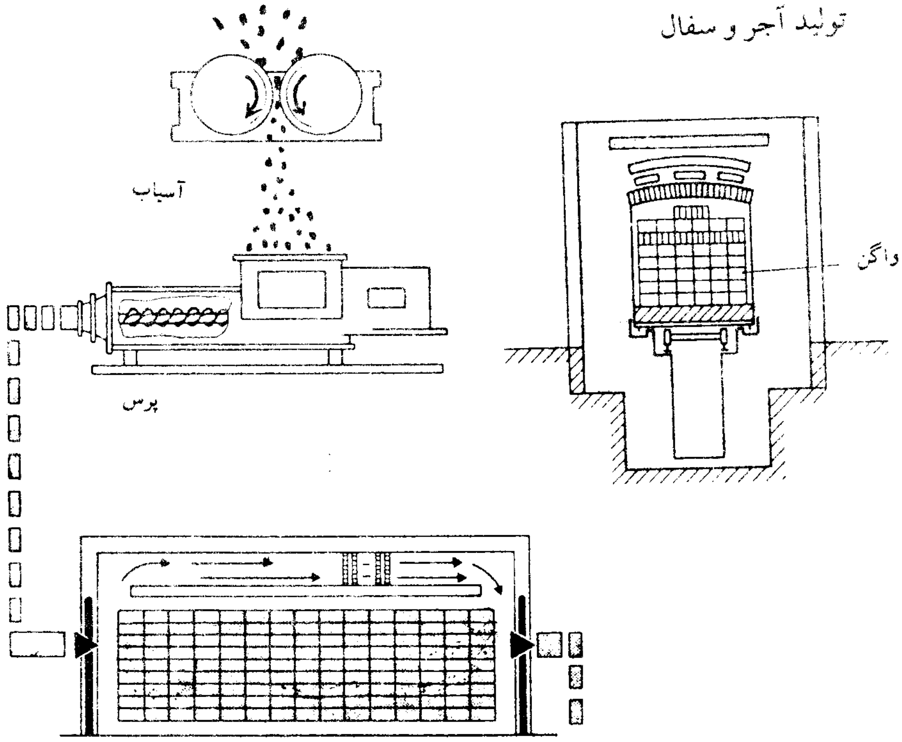
می‌رود. مانند قابلیت جذب آب و رطوبت هوا در مصالح ساختمانی که به نوع تخلخل در مصالح نیز وابستگی دارد.

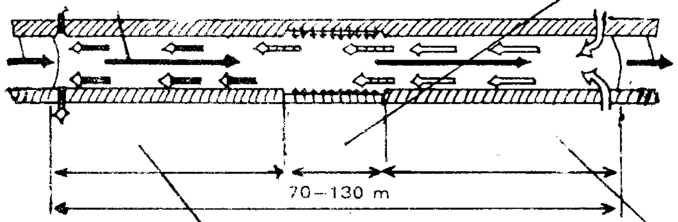
اگر سوراخ‌های خارجی در مصالح ساختمانی به‌هم پیوسته باشند، رطوبت می‌تواند در عمق جسم نفوذ پیدا کرده و امکان تخریب ماده را فراهم سازد در حالی که سوراخ‌های خارجی کوچک از نفوذ آب به داخل ماده بیشتر جلوگیری کرده و علاوه بر آن رطوبت محبوس شده در خود را بهتر ذخیره و نگهداری می‌کنند. از آنجائی که امکان نفوذ آب به درون سوراخ‌های مسدود داخلی به مراتب کمتر است در نتیجه ترجیحاً از اجسامی به عنوان عایق حرارتی استفاده می‌شود که دارای سوراخ‌های داخلی هستند. اگر چه هر چه میزان تخلخل در جسم بیشتر باشد، حرارت کمتری منتقل می‌شود اما در عین حال هر چه بین سوراخ‌های داخلی پیوستگی وجود داشته باشد و یا اینکه سوراخ‌ها درشت‌تر باشند، میزان قابلیت هدایت حرارتی در ماده بیشتر می‌شود و در نتیجه امکان بیشتری برای انتقال حرارت فراهم می‌گردد.





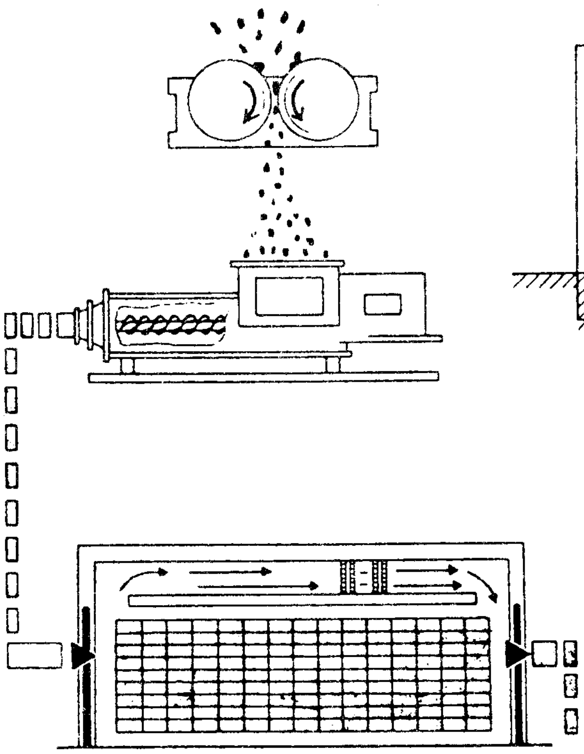
تولید آجر و سفال

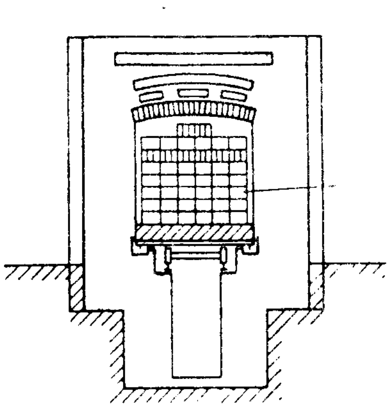


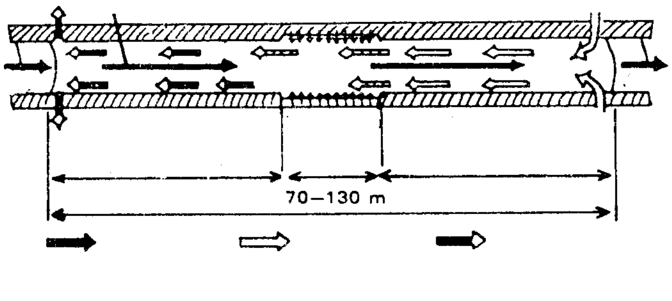


تصویر شماتیکی از یک کورهٔ تونلی که از آن برای پخت
آجر و قطعات سفالی استفاده می‌شود

با توجه به تصاویر مراحل تولید آجر و سفال را توضیح دهید:







تصویر شماتیکی از یک کورهٔ تونلی که از آن برای پخت
آجر و قطعات سفالی استفاده می‌شود

«تولید آجر و سفال»

از خاک رس به عنوان مادهٔ خام برای تهیهٔ آجر و سفال استفاده می‌شود که با توجه به ترکیبات موجود در خاک نسبت به آماده‌سازی آن اقدام می‌شود. چون «خاک چاق» از درجـهٔ پـلاستی‌سیتهٔ بـالائی بـرخـوردار است در ایـن صـورت از «خـاک چـاق» بـرای سفال‌سازی استفاده می‌شود و به همین منظور نیز برای تبدیل مواد خام به خاک چاق باید به آن ماسه و یا خاک رس اضافه شود. مواد خام پس از آماده شدن توسط آسیاب به صورت ذرات خیلی‌ریزی خرد می‌شود به‌طوری که اندازهٔ قطر دانـه‌ها از یک مـیلیمتر تجاوز نمی‌کند. حال گل رس آماده شـده وارد مـرحلهٔ خشت زنـی بـا پـرس مـی‌شود به‌طوری که گل رس با پرسهای سنگین با توجه به نوع قالب خشت (آجر تو پر یا آجر سوراخ‌دار) قالب‌زده می‌شوند که این عمل توسط ماشین اتـوماتیک خشت‌زنـی انـجام می‌شود بدین ترتیب که گل رس با فشار بـه جـلو رانـده مـی‌شود و بـه‌صورت مکـعب مستطیلی که طول و عرضش با طول و عرض آجر مطابقت می‌کند، وارد دهانهٔ ماشین شده و با توجه به ضخامت آجر بریده می‌شود. سپس خشت‌های خام با اندازه و فـرم معین وارد قسمت خشت خشک‌کنی می‌شوند و در آنجا از هوای گرم برای خشک کردن خشت‌ها استفاده می‌شود بـه طـوری کـه خشت‌هـا پس از هـدایت بـه قـسمت خشت خشک‌کنی در حـرارت ۱۰۰°c آب فـیزیکی خـود را از دست مـی‌دهند و خشت‌هـای خشک شده توسط واگن‌ها برای پخته شدن آمادهٔ رفتن به کوره می‌شوند. هر چه واگن‌ها جلوتر می‌روند، میزان درجهٔ حرارت بالاتر می‌رود به طوری که در حرارت تا حداکـثر ۸۰۰°c آب شیمیایی خشت‌ها نیز متصاعد شده و در درجهٔ حـرارت ۸۰۰ تـا ۱۲۰۰°c خاک رس به حالت خمیری در می‌آید. در این حالت دانه‌های ماسه و شنی که داخـل خشت است، به هم می‌چسبند و در نتیجه خشت خام تبدیل به آجر می‌شود. سرانجام آجرها که در واگن‌ها به‌طور اتوماتیک روی ریل به جلو هدایت می‌شوند، از وسط تونل نیز عبور می‌کنند و هر چه جلوتر می‌روند بـه هـوای سـردی کـه بـه داخـل تـونل وارد می‌شود، نزدیکتر شده و در نتیجه حرارت آجرها از ۸۰۰ به ۵۰°c می‌رسد به‌طوری که حرارت آجرها در هنگام خروج با حرارت محیط بیرون مطابقت مـی‌کند. چـون هـوای

روی آجر دمیده شده و باعث خنک کردن آجر شده است، گرم می‌شود، در این‌صورت پس از هدایت هوای گرم به قسمت کوره به منظور صرفه‌جوئی در سوخت از آن برای پیش‌گرم کردن خشت‌های خام استفاده می‌شود.

ـ لطفاً با توجه به متن «تولید آجر و سفال» مراحل پخت آجر و سفال را در چند سطر به‌طور مختصر توضیح دهید.

۱. آماده‌سازی مواد خام

■

■

۲. تهیهٔ خشت خام

■

■

۳. خشک کردن خشت‌ها

■

■

۴. پخت آجر و سفال در کورهٔ تونلی

■

■

■

ـ مراحل پخت آجر و سفال:

۱. آماده‌سازی مواد خام

■ خرد و ریز شدن ذرات توسط آسیاب

■ در صورت لزوم اضافه کردن ماده‌ای برای تبدیل مواد خام به خاک چاق

۲. تهیهٔ خشت خام

■ کار پرس

■ بریدن آجرها

۳. خشک کردن خشت‌ها

■ در قسمت خشت خشک‌کنی

■ در هوای آزاد

۴. پخت آجر و سفال در کورهٔ تونلی

■ پیش گرم کردن

■ پخت آجر در کوره

■ خنک کردن آجر

«مینرالها»

رنگ سنگها وابستگی زیادی به حضور بعضی از مینرالها
دارد. به‌طور مثال به‌علت وجود ذرات «هماتیت» در سنگ مرمر
رنگ سنگ و می‌شود و یا رنگ سنگ صورتی ـ قرمز
مرمر به‌علت وجود مواد کربن‌دار مانند «گرافیت» به رنگ
در می‌آید. همانطور که می‌دانید میکاها خاکستری روشن تا
که‌جزو گروه‌های مینرالهای هستند. به‌طور عمده از سیاه ـ سیلیکاتی ـ
تشکیل شده‌اند و دارای کریستالهای روشنی سیلیکات آلومینیوم
می‌باشند مانند «مسکویت» (Muscovite) که آنرا میکای سفید
می‌نامند. اگر چه ترکیب آلومینیوم با سیلیکات همراه با فلزاتی
نظیر آهن و منیزیم در تیره‌رنگ شدن میکا اثر می‌گذارد همانند
«بیوتیت» (Biotite) که در طبیعت در رنگهای سیاه، قهوه‌ای و
سبز تیره وجود دارد و به آن گفته می‌شود. میکای سفید
آنچه که در مورد سنگهای ساختمانی بیشتر مورد توجه قرار
می‌گیرد خصوصیاتی نظیر رنگ و مقاومت سنگها در مقابل
عوامل جوّی و سائیدگی می‌باشد. اگر چه مقاومت سنگها در
مقابل سایش به میزان درجهٔ سختی کانی‌های موجود در سنگ
نیز بستگی دارد. به‌طوری که هر چه میزان درجهٔ سختی
کانی‌های موجود در سنگ بیشتر باشد، به همان نسبت سنگ
مورد نظر از سختی بیشتری برخوردار است مانند سخت بودن
سنگ گرانیت به علت وجود کانی‌های هورنبلند و که کوراتز
درجهٔ سختی زیادی دارند. برای شناسائی میزان درجهٔ سختی
کانی‌ها می‌توان اجسام معدنی را از نظر میزان سختی درجه‌بندی
کرد. به‌طوری که مثلاً در اینجا میزان سختی ده جسم معدنی
مختلف به ده درجه در مقیاس موس تقسیم‌بندی می‌شوند که

عبارتند از:
۱. «تالک» کانی بسیار نرم با درجهٔ سختی ۱ در مقیاس موس
۲. «سنگ گچ» یا «ژیپس» کانی نسبتاً نرم با درجهٔ سختی ۲ در مقیاس موس
۳. «سنگ آهک» یا «کلسیت» با درجهٔ سختی ۳ در مقیاس موس
۴. «فلوریت» یا «فلورسپار» با درجهٔ سختی ۴ در مقیاس موس
۵. «آپاتیت» با درجهٔ سختی ۵ در مقیاس موس
۶. «اُرتوکلاز» (Orthoklas) از نوع فلدسپاتهای پتاسیم که نوعی آلومینو سیلیکات پتاسیم است با درجهٔ سختی ۶ در مقیاس موس
۷. «کوارتز» به علت داشت سختی زیاد جزو مقاومترین کانی‌ها محسوب می‌شود. کانی کوارتز دارای درجهٔ سختی ۷ در مقیاس موس است.
۸. «توپاز» با درجهٔ سختی ۸ در مقیاس موس
۹. «کرندوم» با درجهٔ سختی ۹ در مقیاس موس از انواع جواهرات است که در سنگهای دگرگونی وجود دارد.
۱۰. «الماس» کانی بسیار سخت و مقاوم در مقابل سایش با درجهٔ سختی ۱۰ در مقیاس موس

میزان سختی اجسام معدنی از طریق انجام آزمایش‌هایی مانند کشیدن نوک ناخن یا تیغه چاقو بر روی اجسام معدنی و یا بالعکس کشیدن جسم معدنی بر روی اجسامی نظیر شیشه قابل درجه‌بندی می‌باشد. به‌طور مثال اگر اثر کشیدن ناخن بر روی جسمی معدنی مانند «ژیپس» خراش بردارد، در این صورت
میزان درجهٔ سختی‌اش   در مقیاس موس تعیین می‌شود و یا ۲
درصورتی که بتوان به‌راحتی با تیغهٔ چاقو برروی جسمی معدنی
مانند «سنگ آهک» خط بیاندازیم، میزان درجهٔ سختی آن ۳

می‌باشد، بدین ترتیب اجسام معدنی نسبتاً سختی که بر اثر کشیدن تیغهٔ چاقو خراش بر دارند، درجهٔ سختی آنها ۳ و ۴ در مقیاس موس تعیین می‌شود.

اکنون با توجه به توضیحات فوق‌الذکر، میزان درجهٔ سختی اجسام معدنی چنین تقسیم‌بندی می‌شوند:

- با ناخن با آسانی خط بردارند به‌طوری که حتی با فشار دست سائیده می‌شوند، درجهٔ سختی ۱ در مقیاس موس
- با ناخن خط بردارند، درجهٔ سختی ۲ در مقیاس موس
- با تیغهٔ چاقو به آسانی خط بردارند، درجهٔ سختی ۳ در مقیاس موس
- با کمی فشار تیغهٔ چاقو خط بردارند، درجهٔ سختی ۴ در مقیاس موس
- با فشار تیغهٔ چاقو خط بردارند، درجهٔ سختی ۵ و ۶ در مقیاس موس
- با تیغهٔ چاقو دیگر خط بر نمی‌دارند، درجهٔ سختی ۷ به بالا در مقیاس موس

اجسامی معدنی که با تیغهٔ چاقو دیگر نمی‌توان بر روی آنها خط بیاندازیم، مانند کوارتز، اجسام سختی هستند که اگر آنها را روی شیشه بکشیم، شیشه خراش بر می‌دارد.

خصوصیات مهمترین کانی‌های تشکیل دهندهٔ سنگها

خصوصیات کانی کوارتز

کوارتز به عنوان یکی از مهمترین اجزاء تشکیل دهندهٔ بسیاری از سنگهای   (نظیر سنگ‌گرانیت با سختی   آذرین ـ ۷
و وزن مخصوص ۲/۶۵ محسوب می‌شود. همچنین سنگهای سیلیسی عمدتاً از کوارتز تشکیل شده‌اند. کوارتز در بیشتر انواع

خاکهای رس ـ ماسه‌ها نیز وجود دارد و حتی ماسه هم اکثراً از کوارتز تشکیل می‌شوند. به طوری که کوارتز از مهمترین اجزاء تشکیل دهندهٔ ماسه می‌باشد.

در اثر حرکت جریان آب رودخانه‌ها یا حرکت سریع آب جویبارها، قطعات سنگها بر روی یکدیگر می‌غلتند و خرد می‌شوند و بدین ترتیب ذرات ریز خرد شده که همان دانه‌های ماسهٔ طبیعی هستند پس از کم شدن شدت جریان آب در بستر رودخانه‌ها ته‌نشین شده و باقی می‌مانند. ذرات ماسه توسط آب رودخانه‌ها، آب جویبارهایی که دارای حرکت سریعی هستند و یا جریان باد از جایی به جای دیگر حمل می‌شوند. چون ذرات ماسه در اثر حرکت جریان آب فرسایش و سائیدگی پیدا می‌کنند، در نتیجه گرد می‌شوند که به همین علت نیز دانه‌های ماسهٔ طبیعی گرد گوشه‌اند در حالی که دانه‌های ماسه‌هایی که به‌طور مصنوعی توسط بشر ساخته می‌شوند، تیز گوشه هستند. ماسه‌ها برای تهیه بتون و در ملات‌سازی مورد مصرف قرار می‌گیرند. به‌طور مثال در ملات ماسه سیمان، زیر فرش موزائیک و سنگ و همچنین برای نصب کاشی استفاده می‌شود.

کانی کوارتز با ترکیب شیمیایی SiO_2 (دی اکسید سیلیس) در آب غیرقابل حل است و مقاومت زیادی در برابر هوازدگی شیمیایی و اسیدها از خود نشان می‌دهد. کوارتز در حرارت تقریباً $1700°c$ ذوب می‌شود و از آن برای تهیهٔ آجرهای نسوز سیلیسی نیز استفاده می‌شود.

بیشترین درصد حجم آجرهای سیلیسی از سیلیس تشکیل می‌شود و این نوع آجرها در ساخت بعضی از انواع کوره‌ها به کار می‌روند.

فلدسپارها

به‌طور کلی همهٔ انواع فلدسپاتها ترکیبی از آلومینوسیلیکاتها
با ، ، و هستند. خاک   پتاسیم- سدیم‌کلسیم
نیز از تجزیهٔ شیمیایی فلدسپاتها به‌وجود می‌آید و در واقع   باریم - رس
سیلیکا و آلومینیوم قسمت اعظم خاک را تشکیل می‌دهند.   رس
از جمله کانی‌های فلدسپار شامل «فلدسپار » نظیر   سدیمی
آلبیت (Albit)، «فلدسپار » نظیر ارتوکلاز (Orthoglase)   پتاسیمی
و «فلدسپار » مانند آنورتیت (Anorthite) می‌باشند.   کلسیمی
($Na_2o,Al_2o_3,6Sio_2$) از گروه آلومینوسیلیکاتهای   آلبیت
سدیم، ($K_2o, Al_2o_3, 6Sio_2$) از گروه آلومینو   ارتوکلاز
سیلیکاتهای پتاسیم، ($Cao, Al_2o_3, 2Sio_2$) از   آنورتیت
گروه آلومینو سیلیکاتهای کلسیم هستند.

ارتوکلاز که در رنگهای سفید، خاکستری و صورتی یافت می‌شود، بیشتر از انواع دیگر فلدسپاتها در طبیعت وجود دارد.
درجهٔ سختی ارتوکلاز و جرم مخصوص آن $2/56\ gr/cm^3$ ۶
است. فلدسپاتها در مقابل تاثیرات هوازدگی مکانیکی و عوامل
شیمیایی مقاومت دارند و به‌همین علت سنگهای گرانیتی   کمی
که دارای مواد معدنی سیلیکاتی هستند، به مرور زمان خاصیت جلاپذیری و آئینه‌ای بودن سطح خود را از دست می‌دهند.
فلدسپاتها بیشترین مواد معدنی سیلیکاتی در سنگهای   آذرین
را تشکیل می‌دهند. به‌طور مثال تقریباً ۶۰٪ گرانیت (Granite) و ۷۰٪ سیانیت (Syenite) از فلدسپاتها تشکیل شده است.
مقاومت فلدسپاتها چند برابر از مقاومت کوارتز می‌باشد   کمتر
و نقطهٔ ذوب فلدسپاتها $1170°C$ تا $1550°C$ است. از فلدسپاتها همچنین در تهیهٔ سفال و کاشی استفاده می‌شود و به
علت دارا بودن در صنعت شیشه‌سازی نیز کاربرد دارد.   آلومینیوم

میکاها

انواع میکاها گروهی از مینرالهای   هستند که قابلیت | سیلیکاتی
زیادی برای ورقه‌شدن دارند. به‌طوری که به آسانی به صفحات
نازکی که حالت الاستیکی دارند، قابل تقسیم هستند. درجهٔ
سختی میکا   است (سختی   ). | کم - ۲ تا ۳

همچنین میکا نرم می‌باشد و به آسانی ترک بر می‌دارد و پاره
می‌شود و به همین علت در صورتی که مقدار میکا در گرانیت
زیاد باشد، میزان درجهٔ مقاومت گرانیت را   می‌دهد. | کاهش

میکاها از ترکیب سیلیکات آلومینیوم با آهن، منیزیم، پتاسیم و
لیتیم تشکیل می‌شوند. عموماً میکاها کریستالهای روشنی دارند
و با توجه به میزان شدت تلاءلو و متورق شدن کریستالهای میکا
در سنگ گرانیت می‌توان به وجود میکا در سنگ پی برد.

میکاها انواع مختلفی دارند مانند   که «میکای | مسکویت
سفید» نیز نامیده می‌شود و   که به آن «میکای سیاه» | بیوتیت
می‌گویند که البته اکثراً هم هر دو نوع میکاها در سنگ گرانیت
وجود دارد.

یکی‌دیگر از انواع میکاها به‌علت‌داشتن کریستالهای | درشت
دارای خاصیت انقباض (حالت الاستی‌سیته) و نیروی خمشی
می‌باشد که به آن «میکای ورقه‌ای» می‌گویند. میکا در برابر
حرارت مقاومت   دارد و وجودش در گرانیت مقاومت | زیادی
سنگ را در مقابل هوازدگی   می‌دهد. | افزایش

· اوژیت و هورنبلند

کانی‌های اوژیت‌وهورنبلند(سختی   و جرم مخصوص | ۵ تا ۶
gr/cm^3 ۲/۹-۳) با رنگ   از ترکیب سیلیکات درهمی از | تیره
Ca, Na, Mg, Al, Ti تشکیل می‌شوند، در سنگهای آذرین

مانند بازالت و گابرو وجود دارند. گابرو (Gabbro) سنگی است	
که از مواد فرو منیزیم تشکیل شده و در آن اوژیت و	
هورنبلند نیز یافت می‌شود. گابرو دارای بافت دانه ...... است	درشت
به طوری که مینرالهای آن به صورت بلورهای ...... و مجزا	درشت
از هم متبلور شده‌اند. اگر چه بازالت (Basalt) نیز از مواد فرو	
منیزیم تشکیل شده و دارای اوژیت و هورنبلند نیز می‌باشد، اما	
جزو گروه سنگهای آذرین دانه ...... است. سنگ بازالت که	ریز
خشن، متراکم و ...... کوارتز است، مقاومت ...... در	فاقد ـ زیادی
مقابل هوازدگی دارد.	
بر اثر هوازدگی اوژیت، هورنبلند و یا سنگ سرپانتین (Serpantine) کانی‌هایی مانند کانی تالک (Talk) و کانی آزبست (Asbest) به وجود می‌آیند.	

سنگ آهک

سنگ آهک، یا کربنات کلسیم ($CaCo_3$) که جزو گروه	
مینرالها محسوب می‌شود از انواع سنگهای ...... است.	رسوبی
(درجهٔ سختی ...... و جرم مخصوص ۲/۷ gr/cm^3).	۳
اگر سنگ آهک به‌صورت خالص باشد، به‌رنگ ...... و	سفید
در صورتی که در آن مواد دیگری وجود داشته باشد به‌رنگهای دیگر در می‌آید.	
به کربنات کلسیم خالص همچنین ...... نیز گفته	کلسیت
می‌شود که اگر با منگنز همراه باشد به آن ...... نیز می‌گویند.	دولومیت
علاوه بر سنگهای آهکی که از نوع سنگهای ...... هستند،	رسوبی
از جمله سنگهایی که دارای کربنات کلسیم می‌باشند، سنگ مرمر	
را می‌توان نام برد. سنگ مرمر از گروه سنگهای ...... بوده و	دگرگونی
از آن به‌عنوان سنگهای ساختمانی برای سنگ کف، پله و سنگ	

نمای ساختمان استفاده می‌شود.
از آنجائی که آب باران در هنگام بارش با   هوا ترکیب | Co_2
شده و در نتیجه اسید کربنیک تشکیل می‌شود، اسید کربنیک بر
روی سنگهای آهکی تاثیر زیادی می‌گذارد و سبب تخریب
سنگهای آهکی می‌شود. کربنات کلسیم در اسیدهای قوی
قابلیت زیادی برای حل شدن دارد و همچنین در آب خالص نیز
قابل حل می‌باشد. البته هر چه میزان درجه حرارت آب | افزایش
یابد، به همان نسبت میزان شدت حلالیّت کربنات کلسیم | کاهش
پیدا می‌کند.
اگربه‌سنگ آهک در حدود $1000°c$ حرارت‌داده‌شود، سنگ
آهک‌به   (Cao) و Co_2 تبدیل می‌شود (Co_2 متصاعد | آهک زنده
می‌شود).

خاک رس

خاک‌های رسی انواع مختلفی دارند. مانند خاک رس رسوبی
و خاک رس معدنی. اگر چه آن نوع از خاکهای رسی که بشر
بیشتر به آن دسترس دارد، خاک رس رسوبی است که دانه‌های
آن ریزتر از خاک رس معدنی می‌باشد و به همین علت خاصیت
پلاستی‌سیتهٔ   دارد. | بیشتری
خاک‌های رس در طبیعت از تجزیهٔ شیمیایی   و | فلدسپاتها
یا دیگر سنگهای حاوی آلومینیوم تولید می‌شود.
با اینکه بیشتر خاک‌های رس موجود در طبیعت به‌علت دارا
بودن اکسید آهن Fe_2o_3 به‌رنگ   هستند، اما اگر خاک | قرمز
رس خالص‌باشد رنگش   است‌مانند خاک کائولینیت | سفید
(Kaolinite) که دارای جرم مخصوص $۲/۶ \ gr/cm^3$ است.
کائولینیت ($Al_2o_3.2Sio_2.2H_2o$) که خاک رس خالص است در

اثر ترکیب با آب خاصیت شکل‌پذیری پیدا می‌کند. از کائولینیت در صنعت سفال‌سازی استفاده می‌شود و حتی از کائولینیت خالص که در واقع خالص‌ترین نوع خاک رس است، «چینی» نیز ساخته می‌شود که به آن «خاک چینی» می‌گویند.

کائولینیت به‌رنگهای   تا خاکستری‌روشن درطبیعت | سفید
یافت می‌شود، در آب   حل است و تقریباً در برابر | غیرقابل
همهٔ انواع اسیدها مقاومت   دارد. | زیادی

به‌طور کلی در مصالح ساختمانی از خاک رس   از | بیشتر
انواع دیگر استفاده می‌شود.

ـ لطفاً با توجه به متن «مینرالها» جدول زیر را پر کنید.

	رنگ	میزان سختی (در مقیاس موس)	جرم مخصوص (برحسب gr/cm^3)	مقاومت زیاد در مقابل	مقاومت کم در برابر	در این سنگها یافت می‌شود
کوارتز						
فلدسپات ارتوکلاز						
میکا مسکویت						
بیوتیت						
اوژیت						
هورنبلند						
کلسیت						
رس کائولینیت						

در این سنگها یافت می‌شود	مقاومت کم در برابر	مقاومت زیاد در مقابل	جرم مخصوص (برحسب gr/cm^3)	میزان سختی (درمقیاس موس)	رنگ	
گرانیت ماسه‌سنگ		هوازدگی شیمیایی و اسیدها	۲/۶۵	۷		کوارتز
سنگهای آذرین گرانیت سیانیت	درمقابل تاثیرات هوازدگی مکانیکی و عوامل شیمیایی		۲/۵۶	۶	سفید - خاکستری - صورتی	فلدسپات ارتوکلاز
گرانیت ماسه				۲ تا ۳	سفید	میکا مسکویت
گرانیت ماسه				۲ تا ۳	سیاه	بیوتیت
گابرو بازالت		هوازدگی	۲/۹ تا ۳	۵ تا ۶	سبز تیره	اوژیت
گابرو بازالت		هوازدگی	۲/۹ تا ۳	۵ تا ۶	سیاه	هورنبلند
سنگ آهک مرمر	آبهای که دارای اسیدکربنیک هستند		۲/۷	۳	سفید	کلسیت
		همهٔ انواع اسیدها غیرقابل حل درآب	۲/۶		سفید تا خاکستری روشن	رس کائولینیت

فصل دوم

مصالح ساختمانی

ملاتها از موادی تشکیل می‌شوند که می‌توانند در صورت ترکیب با آب سبب چسبیدن قطعات مصالح نظیر سنگها یا ذرات ماسه به یکدیگر شوند. از جمله خصوصیت ملاتها این است که خاصیت شکل‌پذیری (پلاستیک بودن) دارند. همچنین وجود خاصیت چسبندگی در ملاتها نیز سبب می‌شود که ملات در قطعات مصالح نفوذ کرده و پس از مدتی باعث چسبیدن آنها به ملات شود که به همین علت نیز ملاتها جزو چسبهای ساختمانی محسوب می‌شوند. آیا «گِل» نیز به عنوان یک ملات شناخته می‌شود؟ بله یا خیر؟ ملات گل که از خاک رس و آب تشکیل شده است، به صورت یک مادهٔ پلاستیکی عمل می‌کند و در صورتی که در معرض هوا قرار گیرد، سفت می‌شود.	بله
آیا «ملات گل» پس از سفت شدن در مقابل نفوذ آب از خود مقاومت نشان می‌دهد؟ بله یا خیر؟ «ملات گل» بعد از سفت شدن در برابر نفوذ ذرات آب مقاومت ندارد زیرا در صورتی که ملات گل مدتی در مجاورت آب قرار بگیرد، در آب حل می‌شود.	خیر
«گل» نیز نوعی ملات است. ملاتهایی که برای سخت شدن فقط به هوا احتیاج دارند و در صورتی که مدتی در مجاورت با آب قرار بگیرند، آب در آنها نفوذ می‌کند، خاصیت هیدرولیسته ندارند. بنابراین ملات گل نیز یک ملات زودگیر است که خاصیت	

ندارد.	هیدرولیسیته
یکی دیگر از انواع ملاتها که از آهک (پرمایه) تهیه می‌شود، ملات آهک است که خاصیت ندارد و به این نوع آهک، همچنین «آهک هوایی» نیز می‌گویند. بنابراین آهک‌هوایی برای سخت‌شدن فقط به احتیاج دارد و پس از سخت شدن، آب می‌تواند در آن نفوذ کند.	هیدرولیسیته هوا
آهک که از آهک پرمایه (بیش از ۹۰ درصد خالص) به‌دست می‌آید برای سخت شدن فقط به هوا احتیاج دارد. بدین ترتیب که Co_2 موجود در هوا با آب ترکیب شده و اسید کربنیک H_2Co_3 تولید می‌کند به‌طوری که در صورت ترکیب با هیدرات کلسیم $Ca(oH)_2$ به کربنات کلسیم $CaCo_3$ یا همان سنگ آهک و آب تبدیل می‌شود. بنابراین شفتهٔ آهکی در صورت وجود Co_2 هوا و رطوبت سخت می‌شود.	هوایی
بدین ترتیب ملاتهای زودگیر هستند و برای سخت شدن فقط به هوا احتیاج دارند در حالی که آهک که جزو ملاتهای محسوب می‌شود، برای سخت‌شدن احتیاج به هوا ندارد و حتی در زیر آب نیز سخت می‌شود. آهک از حرارت دادن سنگ آهک کم‌مایه (حداقل ۵۰ تا ۷۵ درصد خالص) که دارای ناخالصی خاک رس می‌باشد، به‌دست می‌آید.	هوایی آبی آبی آبی
$CaCo_3$ + حرارت ⟶ $Cao + Co_2$ اگر به سنگ آهک یا کربنات کلسیم $CaCo_3$ به میزان (۹۰۰ تا	

۱۱۰۰°c) حرارت داده شود، در آن صورت به آهک زنده یا اکسید آهک Cao و گاز کربنیک Co_2 تبدیل می‌شود که در این حالت گاز کربنیک متصاعد می‌گردد. بنابراین در اثر پختن سنگ آهک در کوره، فشار گاز کربنیک موجود به حدی می‌رسد که از سنگ جدا می‌شود و بدین ترتیب آهک پخته شده تهیه می‌گردد که به این عمل «آهک پزی» می‌گویند. پس می‌توان گفت که آهک زنده از کلسیته کردن سنگ آهک به‌دست می‌آید.	
آیا در آهک پخته‌شده گاز کربنیک‌وجود دارد؟ بله یا خیر؟ در آهک پخته شده گاز کربنیک Co_2 وجود ندارد زیرا در اثر عمل آهک‌پزی گاز کربنیک از سنگ آهک جدا شده است. بنابراین در صورتی که به ______ $CaCo_3$ حرارت داده شود و گرمای کوره را به حدود ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد برسانیم، در آن صورت کربنات کلسیم $CaCo_3$ به گاز کربنیک Co_2 و آهک ______ تجزیه‌شده به‌طوری که‌در این‌حالت فشار گاز کربنیک مطابق فشار محیط شده و در نتیجه گاز کربنیک متصاعد می‌شود و ______ باقی می‌ماند.	خیر سنگ آهک پخته شده آهک زنده
$$Cao + H_2o + \longrightarrow Ca(oH)_2 + Q$$ حال اگر به ______ Cao، آب اضافه شود، در آن صورت هیدرات کلسیم $Ca(oH)_2$ تشکیل میشود که در اثر این ترکیب، حرارت نیز تولید می‌گردد. در اثر این عمل آهک شکفته شده ازدیاد حجم پیدا می‌کند که این عمل را «هیدراته کردن آهک» می‌نامند.	آهک زنده

چون آهک زنده خاصیت چسبندگی ندارد، در نتیجه آهک زنده باید حتماً هیدراته‌شود. از آهک‌شکفته یا به عنوان یک چسب ساختمانی برای تهیهٔ ملات استفاده می‌شود.	آهک هیدراته
$Cao + H_2o + \longrightarrow Ca(oH)_2 + Q$ چون آهک پخته شده میل زیادی برای ترکیب با آب دارد، در صورتی که با آب ترکیب شود، در اثر عمل «هیدراتاسیون آهک» حتی کوچکترین‌ذرات آهک هم‌شکفته‌می‌شود و $Ca(oH)_2$ تشکیل می‌گردد به‌طوری که در اثر این ترکیب مقدار زیادی حرارت نیز تولید می‌شود.	هیدرات کلسیم
$Cao + H_2o + \longrightarrow Ca(oH)_2 + Q$ در اثر عمل آهک، ذرات آهک پخته شده Cao شکفته می‌شوند و در نتیجه آهک هیدراته به‌دست می‌آید. پس در اثر عمل آهک که با تولید مقداری حرارت همراه می‌باشد، آهک هوایی (پودر آهک شکفته) به‌دست می‌آید که از آن برای تهیهٔ ملات هوایی استفاده می‌شود.	هیدراتاسیون هیدراتاسیون
همانطور که می‌دانید ملاتهای برای سخت شدن فقط به هوا احتیاج دارند: $Ca(oH)_2 + Co_2 + H_2o \longrightarrow CaCo_3 + 2Ho_2$ چون سخت شدن آهک توسط آب باران یا در محیط‌های نمناک نیز صورت می‌گیرد، بنابراین اگر در معرض هوا و آب قرار بگیرد، Co_2 هوا را جذب می‌کند و مجدداً به سنگ آهک	هوایی

$CaCo_3$ تبدیل می‌شود.	
چون گاز کربنیک در آب قابلیت حل شدن دارد و به‌طور طبیعی ۰/۰۳ حجم هوا از گاز کربنیک تشکیل می‌شود، در نتیجه گاز کربنیک موجود در هوا در آب حل می‌شود و تولید H_2Co_3 می‌کند و بدین ترتیب H_2Co_3 نیز با $Ca(oH)_2$ ترکیب شده و مجدداً به تبدیل می‌شود. بنابراین صدق می‌کند: $H_2o + Co_2 \longrightarrow H_2Co_3$ $H_2Co_3 + Ca(oH)_2 \longrightarrow CaCo_3 + 2Ho_2$ پس در این صورت در هنگام سخت شدن آهک مقداری حرارت تولید می‌شود.	اسیدکربنیک - اسیدکربنیک - هیدرات کلسیم - سنگ آهک هوایی

«آهک هوایی»

در اثر حرارت دادن سنگ آهک $CaCo_3$ به میزان (۹۰۰ تا ۱۰۰۰°C) آهک هوایی به‌دست می‌آید:

$CaCo_3 + Q \longrightarrow$ | $Cao + Ca_2$

بدین ترتیب آهک زنده از کردن سنگهای آهکی در | کلسیته
اثر اعمال حرارت به‌دست می‌آید که البته اگر با آب ترکیب
نشود، به‌خودی خود خاصیت چسبندگی ندارد مگر آنکه با آب
ترکیب شود. که درصورت ترکیب با آب به آهک | آهک زنده
هیدارته تبدیل می‌شود، به‌صورت مادهٔ چسباننده‌ای در می‌آید و
این عمل در واقع بدان معناست که از عمل آهک | هیدرتاسیون
برای‌تولید پودر آهک‌شکفته استفاده می‌شود. اگرچه در اثرعمل
، آهک شکفته می‌شود و ازدیاد حجم پیدا می‌کند: | هیدرتاسیون

$Cao + H_2o \longrightarrow Ca(oH)_2 + Q$

چون ملات‌های هوایی برای سخت شدن به Co_2 موجود در
هوا نیاز دارند، فرآیند ترکیب هیدرات کلسیم $Ca(oH)_2$ با گاز
کربنیک منجر به‌تولید $CaCo_3$ یا در واقع همان | کربنات کلسیم
سنگ‌آهک می‌شود. به‌طوری که‌در اثر این‌عمل مقداری | حرارت
نیز آزاد می‌گردد:

$Ca(oH)_2 + Co_2 \longrightarrow CaCo_3 + H_2o$

تولید اسید استیلن و کاربید نیز از جمله موارد استفاده از
آهک می‌باشد که در اثر عمل آهک‌پزی و جداکردن Co_2 از آن
به‌دست می‌آید.

همچنین‌کربنات‌کلسیم در دمای ۲۴۰۰تا ۳۰۰۰ درجه‌با کربن
ترکیب می‌شود و به کاربید کلسیم CaC_2 تبدیل می‌شود. اگرچه
در اثر ترکیب CaC_2 با آب نیز هیدرات کلسیم | کاربید کلسیم

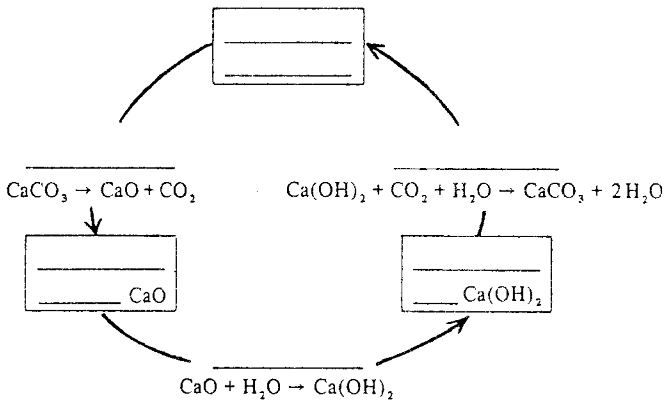
و گاز استیلن نیز تولید می‌شود:

$$CaC_2 + 2H_2o \longrightarrow C_2H_2 + Ca(oH)_2$$

بدین ترتیب با توجه به فرآیند سخت شدن آهک، دو مرحله را می‌توانیم از یکدیگر متمایز سازیم:

۱. ترکیب آب با آهک با گذشت زمان منجر به سخت شدن آهک می‌شود. به طوری که ملات آهک دیگر خاصیت پلاستیک بودن و شکل‌پذیری خود را از دست می‌دهد تا حدی که حتی در صورت اضافه شدن آب دیگر خاصیت شکل‌پذیری ندارد.

۲. اگرچه سنگهای آهکی پس از کلسیته‌شدن به‌صورت آهک زنده در می‌آیند اما سخت شدن آهک می‌تواند به مرور زمان تا حدی افزایش یابد که تمام ذرات آهک به کربنات کلسیم (سنگ آهک) تبدیل شود.



سنگ آهک
$CaCo_3$
سخت‌شدن آهک
آهک‌پزی
آهک هیدراته ـ
آهک زنده

مراحل چرخهٔ آهک

$CaSo_4.2H_2O$ یا سولفات کلسیم آبدار که فرمول شیمیایی «سنگ گچ» است، از نوع سنگهای رسوبی می‌باشد و به آن «ژیپس» نیز می‌گویند. سولفات کلسیم آبدار ($CaSo_4.2H_2o$) در صورت خلوص، بلوری و بیرنگ است. اگر چه اکثراً در طبیعت به علت وجود ناخالصی موادی مانند خاک رس، اکسید آهن و یا کربن به رنگهای مختلفی مانند زرد روشن، سرخ رنگ و یا خاکستری دیده می‌شود.	
پس بدین ترتیب سنگ گچ یا از سولفات کلسیم ($CaSo_4$) و دو مولکول آب متبلور ($2H_2o$) تشکیل شده است و چنانچه به‌صورت سولفات کلسیم بدون آب ($CaSo_4$) باشد، به آن انیدریت (Annydrite) می‌گویند.	ژیپس
حال اگر به سولفات کلسیم آبدار یا ($CaSo_4.2H_2o$) حرارت داده شود، در آن‌صورت مولکولهای آب متبلور خود را یا به‌طور کامل و یا تعدادی از آنها را از دست می‌دهد.	ژیپس ژیپس
بدین ترتیب در صورتی که به ($CaSo_4.2H_2o$) از ۱۶۰ تا ۱۸۰ درجهٔ سانتیگراد حرارت داده شود، در آن صورت در اثر تبخیر ۵را مولکول آب‌متبلور خود را از دست می‌دهد و به‌صورت «گچ ساختمانی» $CaSo_4$ و ۰/۵ H_2o در می‌آید.	ژیپس ژیپس
$CaSo_4.1/2H_2o$ فرمول شیمیایی است که بر اثر حرارت دادن از ۱۶۰ تا ۱۸۰ درجهٔ سانتیگراد به ژیپس	گچ ساختمانی

به دست می‌آید. از جمله خواص ژیپس یا سولفات کلسیم آبدار به فرمول و با سختی ۲ این است که نسبتاً نرم می‌باشد و در آب گرم و اسید کلریدریک قابلیت حل شدن دارد.	$CaSo_4.2H_2o$
اگر به ژیپس از ۱۸۰ تا ۲۵۰ درجهٔ سانتیگراد حرارت داده شود، در آن صورت سنگ گچ آبدار تقریباً تمامی مولکولهای آب متبلور خود را از دست می‌دهد و به گچ تشنه $CaSo_4.0/3H_2o$ تبدیل می‌شود که میل زیادی برای ترکیب با آب دارد.	
پس در صورتی که به ژیپس از ۱۸۰ تا ۲۵۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شود، در آن صورت سنگ گچ آبدار به ($CaSo_4.1/2H_2o$) تبدیل می‌شود که در این حالت n به هر حال بیشتر از عدد ۲ می‌باشد.	گچ تشنه
آیا در گچ تشنه مولکولهای آب متبلور وجود دارد؟ بله، زیاد، کم، خیلی کم، خیر؟ در گچ تشنه مولکولهای آب متبلور به مقدار وجود دارد زیرا سنگ گچ مولکوهای آب متبلور خود را در اثر گرمای بین ۱۸۰ تا ۲۵۰ درجهٔ سانتیگراد تقریباً به‌طور کامل از دست داده است. اگر چه در صورتی که همین گچ تشنه در مجاورت بخار آب موجود در هوا قرار می‌گیرد، مجدداً به گچ ساختمانی تبدیل می‌شود.	خیلی کم خیلی کم
بنابراین اگر درجهٔ گرمای پخت سنگ گچ در هنگام گچ‌پزی	

بین ۱۶۰ تا ۱۸۰ درجهٔ سانتیگراد باشد، سنگ گچ به ($CaSo_4.1/2H_2o$) تبدیل می‌شود. اگرچه همین گردگچ می‌تواند خیلی سریع با آب ترکیب شده و مجدداً به تبدیل شود. اما اگر درجهٔ پخت سنگ گچ بین ۱۸۰ تا ۲۵۰ درجهٔ سانتیگراد باشد، سنگ گچ ۱/۷ مولکول آب متبلورخود را ازدست‌می‌دهدوبه ($CaSo_4.1/2H_2o$) تبدیل می‌گردد.	گچ ساختمانی سنگ گچ گچ تشنه
حال اگر به سنگ گچ در حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شود در آن صورت سنگ گچ کلیهٔ مولکولهای آب متبلور خود را از دست می‌دهد و به سولفات کلسیم ($CaSo_4$) تبدیل می‌شود که آن را «گچ سوخته» می‌نامند. گچ سوخته دیگر تمایلی برای ترکیب با آب ندارد و به همین علت نیز در امور ساختمانی مورد مصرف قرار نمی‌گیرد.	
بدین ترتیب در صورتی که سنگ گچ را از ۲۵۰ تا ۵۰۰ درجهٔ سانتیگراد حرارت دهند، یا سولفات کلسیم بدون آب ($CaSo_4$) به دست می‌آید که به آن نیز گفته می‌شود.	گچ سوخته ایندریت
پس در این‌صورت گچ سوخته یا در صورتی تشکیل می‌شود که درجهٔ گرمای پخت سنگ گچ بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ سانتیگراد باشد در حالی که اگر گرمای کوره به بیشتر از ۱۲۰۰ درجهٔ سانتیگراد برسد، گچ سوخته به Cao و گاز So_3 تجزیه می‌شود.	ایندریت آهک زنده

بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که درجه حرارت پخت سنگ گچ ($CaSo_4.1/2H_2o$) بر روی جنس گچ تاثیر می‌گذارد:	
$CaSo_4.1/2H_2o$ بر اثر حرارت دادن سنگ گچ بین ۱۶۰ تا ۱۸۰ درجهٔ سانتیگراد به دست می‌آید.	گچ ساختمانی
$CaSo_4.0/3H_2o$ در اثر حرارت دادن سنگ گچ بین ۱۸۰ تا ۲۵۰ درجهٔ سانتیگراد تولید می‌شود.	گچ تشنه
$CaSo_4$ یا بر اثر حرارت دادن سنگ گچ بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ درجه سانتیگراد به دست می‌آید.	گچ سوخته-ایندریت
Cao, So_3 در اثر حرارت بیشتر از ۱۲۰۰ درجهٔ سانتیگراد تولید می‌شود.	سنگ‌گچ تجزیه‌شده
ژیپس با توجه به میزان درجه حرارت پخت، مولکولهای آب متبلور بیشتر یا کمتری را از دست می‌دهد و به‌طور مثال به پودر گچ ساختمانی و یا گچ تشنه تبدیل می‌شود اگر چه در صورتی که در مجاورت با آب قرار گیرد، دوباره سخت شده و به سنگ گچ تبدیل می‌شود مانند پودر گچ ساختمانی که ۱/۵ مولکول دیگر آب را جذب می‌کند و به سنگ گچ تبدیل می‌شود.	$CaSo_4.0/5H_2o$ $CaSo_4.2H_2o$
از ژیپس یا سنگ گچ برای تهیهٔ ملات گچ در امر ساختمان‌سازی استفاده می‌شود. ملات گچ زودگیر و خاصیت شکل‌پذیری زیادی نیز دارد. همچنین ملات گچ در موقع سخت شدن به‌میزان ۱ تا ۲ درصد ازدیاد حجم پیدا می‌کند به‌طوری بعد از خشک شدن نیز از حجمش کاسته نمی‌شود. اگر چه ملات گچ پس از سفت شدن در مقابل نفوذ آب مقاومت ندارد.	

«ژیپس»

ژیپس یا ($CaSO_4.2H_2O$) که از سولفات کلسیم $CaSO_4$ با دو مولکول آب متبلور ($2H_2O$) تشکیل شده است، در واقع همان «سنگ گچ» می‌باشد. سنگ گچ اکثراً به‌علت وجود ناخالصی به رنگهای مختلفی دیده می‌شود. به‌طوری که به عنوان مثال می‌تواند دارای ترکیبات آهن (اکسیدهای آهن)، کربن، مخلوط با خاک رس و سنگ آهک باشد و به‌ندرت در طبیعت به‌صورت خالص (سفید) وجود دارد. همچنین سنگ گچ به‌صورت ($CaSO_4$) نیز به‌دست می‌آید. به‌طوری که گچ در این حالت به علت رسیدن به درجه حرارت پخت سنگ تا ۵۰۰°c، کلیهٔ مولکولهای آب متبلور خود را از دست داده و به ($CaSO_4$) تبدیل شده است.

سولفات‌کلسیم آبدار

سولفات‌کلسیم‌بدون‌آب

انیدریت

سنگ گچ ($CaSO_4.2H_2O$) را در هنگام گچ‌پزی به‌منظور تولید گچ تا ۱۸۰°c حرارت می‌دهند به‌طوری که سنگ گچ آبدار ۱/۵ مولکول آب متبلور خود را در اثر تبخیر از دست می‌دهد و به ($CaSO_4.0/5H_2O$) تبدیل می‌شود. اگر چه در صورتی که مجدداً در مجاورت با آب قرار بگیرد، ۱/۵ مولکول آب را جذب می‌کند و به ($CaSO_4.2H_2O$) تبدیل می‌شود. از جمله خواص گچ در ساختمان‌سازی مقاومت گچ در برابر انتقال صورت و حرارت (آتش) می‌باشد. به‌طور مثال گچ در مقابل حرارت آتش‌سوزی تا مدتی از خود مقاومت نشان داده و از سرایت کردن آتش به مکانهای دیگر جلوگیری می‌کند. همچنین گچ در مقابل انتقال صوت نیز مقاوم است زیرا ارتعاشات صوتی را می‌تواند به خود جذب کند و در نتیجه از

پودرگچ ساختمانی

سنگ گچ

انعکاس صدا جلوگیری به عمل آورد. به‌طور کلی گچ دارای خاصیت ازدیاد حجم نیز هست زیرا در هنگام سخت‌شدن درصد به‌حجمش اضافه می‌شود. اما گچ پس از سخت شدن در مقابل رطوبت و آب مقاومت بسیار کمی دارد به‌طوری که اگر در مجاورت با رطوبت و آب قرار گیرد، لایه‌های سفیدکاری طبله کرده و خراب می‌شود.	۱ تا ۲

مخلوطی از ۷۵٪ سنگ آهک ($CaCo_3$) و ۲۵٪ خاک رس را مارل (Marl) می‌نامند. اگر چه گاهی اوقات این مخلوط طبیعی از سنگ آهک و خاک رس به‌صورت مصنوعی نیز ساخته می‌شود. بنابراین ______ از مخلوط سه قسمت سنگ آهک و یک قسمت خاک رس تشکیل می‌شود. از آنجائی که خاک رس شامل اکسید سیلیس (Sio_2)، اکسید آلومینیوم (Al_2o_3)، اکسید آهن (Fe_2o_3) و آب (H_2o) می‌باشد، در این صورت ______ علاوه‌برکربنات‌کلسیم‌همچنین دارای اکسید سیلیس، اکسید آلومینیوم، اکسید آهن و حتی آب نیز هست.	مارل مارل
بدین ترتیب مواد موجود در ______ در اثر حرارت ۱۴۰۰ تا ۱۵۰۰ درجهٔ سانتیگراد در کوره به نقطهٔ ذوب رسیده و در نتیجه با هم ترکیب شده و به‌صورت کلینکر در می‌آیند. قطر دانه‌های کلینکر ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلیمتر و به رنگ قهوه‌ای روشن می‌باشد. حال اگر به کلینکر پس از خنک شدن به مقدار ۵٪ سنگ گچ اضافه شود، مخلوط مورد نظر پس از آسیاب شدن به‌صورت پودرریزی در می‌آید که به آن «سیمان» می‌گویند.	مارل
سیمانی که از سرد شدن کلینکر و افزودن ۵٪ سنگ گچ به‌دست می‌آید، به نام «سیمان پرتلند» نیز شهرت دارد. پس بدین ترتیب سیمان ______ ماده‌ای است که از تبدیل ______ در اثر حرارت به کلینکر به‌دست می‌آید و از آن به عنوان ملات در صنعت ساختمان‌سازی استفاده می‌شود.	پرتلند مارل

اگر چه مواد اصلی سیمان را سنگ آهک و خاک رس تشکیل می‌دهند اما در واقع مواد تشکیل دهندهٔ سیمان از آهک زنده (Cao)، اکسید سیلیس (Sio_2)، اکسید آلومینیوم (Al_2o_3) و اکسید آهن (Fe_2o_3) تشکیل شده است زیرا در مرحلهٔ اول پخت سیمان که سنگ آهک وارد کوره می‌شود بر اثر گرمای زیاد موجود در کربنات کلسیم ($CaCo_3$) متصاعد شده و (Cao) باقی می‌ماند.	Co_2 آهک زنده
بدین ترتیب مواد تشکیل دهندهٔ سیمان که ترکیبی از اکسیدهای ، ، و آهن می‌باشد در اثر ترکیب با آب سخت می‌شود. در واقع در اثر ترکیب سیمان با آب اتصال هیدرولیکی ایجاد می‌شود به‌طوری که گیرش تدریجی سیمان به علت اتصال به‌وجود می‌آید که سبب سخت شدن سیمان می‌شود. به‌طور کلی سیمان که خاصیت جذب رطوبت را دارد نه فقط در هوا بلکه حتی در زیر آب نیز سخت می‌شود و در نتیجه سیمان سخت شده می‌تواند در مقابل آب مقاومت داشته باشد.	کلسیم - سیلیس - آلومینیوم هیدرولیکی
مواد تشکیل دهندهٔ سیمان که ترکیبی از اکسیدهای ، ، ، می‌باشد به‌مرور در اثر مجاورت با هوا سخت می‌شوند و همچنین در زیر آب نیز سخت می‌گردند. گیرش تدریجی سیمان که منجر به‌سخت‌شدن سیمان می‌شود در واقع به‌علت اتصال بین سیمان با آب به وجود می‌آید به‌طوری که سیمان نه فقط در هوا بلکه در زیر آب نیز سخت می‌شود.	کلسیم - سیلیس- آلومینیوم- آهن هیدرولیکی

پس سیمان که پودری نرم می‌باشد، خاصیت جذب رطوبت و آب را دارد. این مادهٔ چسباننده نه فقط در هوا بلکه در زیر آب نیز سخت می‌شود زیرا در اثر ترکیب سیمان با آب اتصال [هیدرولیکی] به وجود می‌آید که منجر به گیرش تدریجی سیمان می‌شود.

اگر چه ترکیب سیمان با آب که در اثر هیدراته شدن اجزاء تشکیل دهندهٔ [کلینکر] سیمان ایجاد می‌شود با تولید مقداری حرارت همراه می‌باشد که به این عمل «هیدراتاسیون سیمان» گفته می‌شود.

چون سرعت هیدراتاسیون سیمان به‌ریزی دانه‌های سیمان نیز بستگی دارد، به همین علت ریز بودن دانه‌های سیمان از اهمیت خاصی برخوردار است.

در واقع بر اثر ترکیب مواد تشکیل دهندهٔ سیمان با آب، جسم خمیر شکلی به دست می‌آید که خاصیت شکل‌پذیری دارد به‌طوری که پس از مدتی سخت می‌شود.

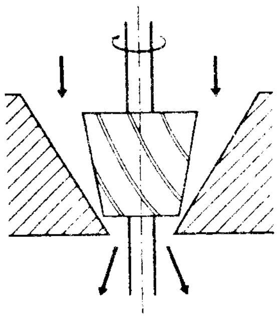
بنابراین فرآیند [هیدراتاسیون] سیمان در این ملات خمیری شکل از دو مرحلهٔ گیرش و سخت‌شدن تشکیل می‌شود.

سیمان به‌علت خاصیت اتصال [هیدرولیکی] خودش را به تدریج می‌گیرد و سخت می‌شود به طوری که برخلاف گچ پس از سخت شدن اگر در مجاورت با رطوبت قرار بگیرد، در برابر آب مقاومت دارد و خراب نمی‌شود.

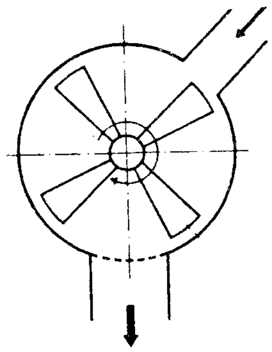
مقاومت فشاری سیمان پس از ۲۸ روز ماندن در زیر آب به ۲۵ نیوتن بر میلیمتر مربع می‌رسد.

همچنین در اثر ترکیب سیمان با آب که منجر به سخت‌شدن تدریجی سیمان می‌شود، در هنگام عمل هیدراتاسیون مقداری [حرارت] آزاد می‌شود که به آن حرارت هیدراتاسیون می‌گویند.

مواد خام را به‌منظور تولید سیمان به‌صورت پودر بسیارریزی آسیاب می‌کنند:



در این آسیاب مواد خام برای رفتن به کوره آماده می‌شود به‌طوری که در آسیاب به‌صورت پودر بسیارریزی در می‌آید.



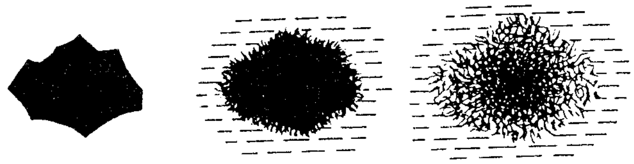
در این .... نیز مصالح به‌صورت پودر بسیارریزی خرد و آسیاب می‌شوند.

آسیاب

بدین ترتیب در مرحلهٔ اول مواد خام برای تولید سیمان در یک آسیاب به‌صورت پودر بسیار ریزی در می‌آید سپس بعد از

مخلوط شدن به میزان درصدهای معینی در حرارت ۱۴۰۰°c تا ۱۵۰۰°C در یک پخته می‌شود به‌طوری که در این درجهٔ حرارت مواد تا حد می‌رسند. در نتیجه مواد با هم ترکیب می‌شوند و به‌صورت گلوله‌هایی در می‌آیند که به آنها می‌گویند. حال به کلینکر که پس از خنک شدن به صورت گلوله‌های سختی در آمده است، مقدار ۳ تا ۵٪ سنگ گچ اضافه کرده و دوباره در آسیاب به‌صورت پودر بسیارریزی آسیاب می‌شود. اکنون مواد حاصله را «سیمان» می‌نامند.	کوره نقطهٔ ذوب کلینکر
پس دانه‌ها یا گلوله‌های باید با مقداری سنگ گچ به‌صورت پودری بسیارریز آسیاب شوند که البته اضافه‌شدن سنگ گچ به علت جلوگیری و کاستن از سرعت گیرش سریع سیمان صورت می‌گیرد. به‌طور کلی ریزی دانه‌های سیمان در سرعت ترکیب شیمیایی سیمان با آب تاثیر می‌گذارد. به‌طوری که هر چه میزان ریزبودن دانه‌های سیمان باشد، به‌همان‌نسبت سرعت هیدراتاسیون سیمان می‌یابد که در نتیجه در افزایش سرعت آزاد شدن حرارت هیدراتاسیون نیز تاثیر می‌گذارد. همچنین هر قدر دانه‌های سیمان آسیاب شوند، جنس سیمان مرغوبتر شده و میزان مقاومت سیمان نیز افزایش پیدا می‌کند. اگر چه اندازهٔ درشتی دانه‌های سیمان نباید از ۰/۲ میلیمتر تجاوز کند.	کلینکر بیشتر افزایش ریزتر
چون‌درهنگام ترکیب‌سیمان با آب‌وجود مقدارکمی باعث‌کاهش سرعت سخت‌شدن‌سیمان‌می‌شود، در این‌صورت برای جلوگیری از گیرش سریع سیمان مقدار ۳ تا ۵٪	سنگ گچ سنگ گچ

به کلینکر اضافه شده و سپس مخلوط به‌صورت پودری بسیار ریز آسیاب می‌شود.	
بنابراین علاوه بر اینکه ریزی سیمان به هیدراتاسیون سیمان وابستگی دارد، همچنین در مقاومت سیمان نیز تاثیر می‌گذارد به‌طوری‌که هرچه کلینکر سیمان ریزتر آسیاب شود به همان نسبت مقاومت سیمان می‌یابد. بنابراین ریزی دانه‌های سیمان پرتلند در گیرش سیمان و مقاومت ملات سیمان پس از سخت شدن تاثیر می‌گذارد. بدین ترتیب از زمان شروع گرفتن سیمان (یعنی زمانی که ملات سیمان حالت روانی خود را از دست می‌دهد) تا زمان ختم سیمان (یعنی زمانی که دیگر ملات سیمان کاملاً سفت و سخت شده است) را زمان می‌نامند. زمان گرفتن ملات سیمان نباید زودتر از ۱ ساعت شروع شود و زمان ختم سیمان نیز نباید بیشتر از ۱۲ ساعت باشد.	سرعت افزایش افزایش گیرش سیمان
پس نتیجه‌گیری می‌شود که به فعل و انفعالات شیمیایی سیمان یا در واقع ترکیب مینرالهای کلینکر سیمان با آب که منجر به سخت شدن ملات سیمان می‌شود می‌گویند.	هیدراتاسیون سیمان



c) پایان هیدراتاسیون   b) دانه‌های سیمان پس از افزودن آب   a) دانه‌های سیمان قبل از افزودن آب

میزان حرارت هیدراتاسیون که در اثر فعل و انفعالات شیمیایی سیمان با آب تولید می‌شود به ترکیبات شیمیایی سیمان نیز بستگی دارد به‌طوری که بعضی از انواع سیمانها دارای حرارت هیدراتاسیون پایین (حرارت‌زائی کم) و بعضی دیگر حرارت هیدراتاسیون متعادل و یا بالایی دارند.	
سیمانهای پرتلند که از تبدیل مارل در اثر حرارت به کلینکر به دست می‌آید با ترکیبات شیمیایی مختلفی ساخته می‌شوند به‌طوری که نوع ترکیبات تشکیل دهندهٔ سیمان در سرعت هیدراتاسیون تاثیر می‌گذارد و به همین علت نیز سیمانهای پرتلند انواع مختلفی دارند مانند سیمان پرتلند .... که به آن سیمان پرتلند زودسخت شونده نیز می‌گویند. چون سیمان پرتلند زود سخت شونده به دلیل زودگیر بودن در موقع سخت‌شدن .... هیدراتاسیون خیلی بالائی تولید می‌کند، به همین دلیل نیز بیشتر این نوع سیمان در هوای .... مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین مقاومت سیمان زودگیر نیز خیلی سریع .... پیدا می‌کند.	زودگیر حرارت سرد افزایش
سیمان پرتلند زودسخت شونده یا .... که از مارل یا به عبارتی دیگر از مخلوط سنگ آهک ($CaCo_3$) و خاک رس تشکیل می‌شود، در مقایسه با انواع دیگر سیمانها در موقع سخت شدن حرارت هیدراتاسیون .... تولید می‌کند.	سیمان‌پرتلندزودگیر زیادی
سیمان پرتلند از ترکیب .... با مقدار ۳ تا ۵ درصد .... به‌صورت پودر شده به‌دست می‌آید.	کلینکر سنگ گچ

چهار عنصر اصلی سیمان پرتلند عبارتند از تری‌کلسیم آلومینات ($3Cao.Al_2o_3$)، دی کلسیم سیلیکات ($2Cao.Sio_2$)، تری‌کلسیم سیلیکات ($3Cao.Sio_2$)، تتراکلسیم آلومینات فریت ($4Cao.Al_2o_3.Fe_2o_3$) که در واقع اکسیدهای تشکیل دهندهٔ ترکیبات اصلی سیمان پرتلند هستند. به عبارتی ساده‌تر عناصر تشکیل دهندهٔ سیمان از اکسیدهای ...... ، ...... ، ...... و ...... تشکیل می‌شوند.	کلسیم ـ سلیس ـ آلومینیوم ـ آهن
در صورتی که بخواهیم سیمان کلینکر در مقابل حملهٔ سولفاتهامقاومت داشته‌باشد باید مقدار ...... ($3Cao.Al_2o_3$) در کلینکر تا حدود ۵ درصد کاهش داده شود زیرا سیمان پرتلند در مقابل تاثیر سولفاتها حساسیت زیادی از خود نشان می‌هند. در ساخت سیمان ضد سولفات مقدار ...... ($3Cao.Al_2o_3$) کمتری به‌کار می‌رود.	تری‌کلسیم آلومینات تری‌کلسیم آلومینات

«سیمان»

سیمان از سنگ آهک ($CaCo_3$) و یا مواد آهکی دیگر همراه با   و یا هر ماده‌ای که دارای اکسیدهای   ،   ، باشد، تشکیل می‌شود به‌طوری که مواد خام پس از مخلوط و آسیاب شدن وارد کوره شده و در اثر حرارت تا ۸۰۰°C سنگ آهک ($CaCo_3$) تبدیل به   و Co_2 می‌شود (Co_2 متصاعد می‌شود). بدین ترتیب در اثر حرارت، آهک و سیلیس با هم ترکیب شده و در حرارت بیشتر از ۸۰۰°C مواد خام سیمان مانند اکسیدهای کلسیم، سیلیس، آلومینیوم و آهن درکوره تا حد نزدیک به نقطهٔ ذوب (تا حدود ۱۵۰۰°C) با هم ترکیب شده و به   تبدیل می‌شوند.

پس از سرد شدن   باکمی سنگ گچ آسیاب می‌شود و به شکل پودر بسیارریزی در می‌آید که به آن   می‌گویند.

خاک رس ـ سیلیس
آلومینیوم ـ آهن
اکسید کلسیم
کلینکر
کلینکر
سیمان پرتلند

انواع سیمان پرتلند

سیمانهای پرتلند با ترکیبات مختلفی ساخته می‌شوند و به همین علت نیز انواع مختلفی دارند نظیر سیمان پرتلند معمولی، سیمان پرتلند زودگیر (زود سخت شونده)، سیمان پرتلند با حرارت‌زائی کم که حرارت تولید شدهٔ آن در موقع سخت شدن بسیارکم است، سیمان پرتلند ضد سولفات و غیره.

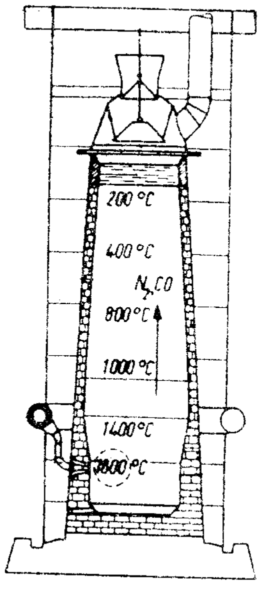
به‌طور کلی ملات سیمان می‌تواند پس از سخت شدن بار فشاری را به خوبی تحمل کرده و مقاومت فشاری سیمان پس از ۲۸ روز (مقاومت فشاری ۲۸ روزهٔ سیمان) به $۲۵N/mm^2$ می‌رسد.

مواد تشکیل دهندهٔ سیمان

مواد اصلی که به‌منظور پختن سیمان وارد کوره می‌شوند عبارتند از سنگ آهک و خاک رس و مادهٔ فرعی که پس از تولید کلینکر برای .... سرعت گیرش سیمان به کلینکر اضافه می‌شود، مقدار کمی .... ($CaSo_4.2H_2o$) و یا از .... ($CaSo_4$) نیز بدین منظور استفاده می‌شود.

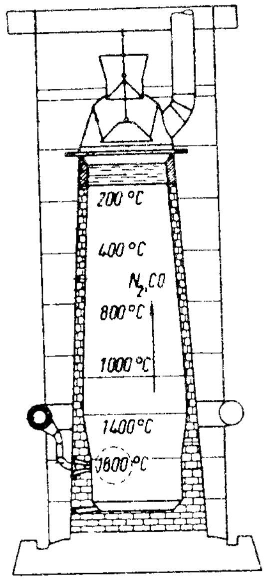
کاهش
ژیپس
انیدریت

چون آهن خام در طبیعت به‌صورت خالص وجود ندارد، باید برای تهیهٔ آهن خام از روش گداختن سنگ آهن در کوره‌های آهنگدازی استفاده شود. بدین منظور نخست سنگ معدنی آهن را خرد کرده و به صورت کلوخه در می‌آورند و سپس در حرارت زیاد ذوب می‌کنند اما چون در سنگ آهن ناخالصی وجود دارد، برای جدا کردن آهن خام از ناخالصی‌های موجود در سنگ آهن از زغال سنگ و سنگ آهک استفاده می‌شود. بیشتر سنگهای آهن دارای سیلیس هستند. به علت وجود ناخالصی در سنگ آهن باید به آن گدازآور اضافه شود تا درجهٔ ذوب سنگ آهن پایین بیابد.



کورهٔ آهنگدازی بلند | نشان | در اینجا تصویر شماتیکی از یک

داده می‌شود. در این ...... ناخالصی‌های موجود در سنگ آهن با استفاده از گدازآور در درجهٔ حرارت بالا از سنگ جدا می‌شود به طوری که کوک در درجهٔ حرارت بالا می‌سوزد و با اکسیژن ترکیب شده تبدیل به منواکسید کربن Co می‌شود. منواکسید کربین Co نیز از سنگ آهن اکسیژن گرفته و تبدیل به دی‌اکسید کربن Co_2 می‌گردد و سنگ آهک هم در حرارت زیاد به‌کوره به ...... و ...... تبدیل می‌شود. بدین ترتیب آهک و سیلیس موجود در سنگ آهک ذوب می‌شود در نتیجه «سیلیکات کلسیم» تشکیل می‌شود که به این مادهٔ روان و خمیری شکل «تفاله» یا «سربارهٔ کورهٔ آهنگدازی» می‌گویند.	کورهٔ آهنگدازی بلند اکسید کلسیم - Co_2
بنابراین تفالهٔ کورهٔ آهنگدازی که از آهن مذاب سبکتر است بر روی آهن مذاب به‌صورت شناور می‌ایستد. جنس تفالهٔ کوره آهنگدازی از سیلیکات ...... و سیلیکات ...... است و از آن در ساختن بتن و سیمان پرتلند آهنگدازی نیز استفاده می‌شود.	کلسیم - آلومینیوم
در واقع تفالهٔ کورهٔ آهنگدازی یا ...... کورهٔ آهنگدازی از اکسید ...... (Cao)، اکسید ...... (Al_2o_3) و سیلیس تشکیل می‌شود.	سرباره کلسیم - آلومینیوم



در شکل بالا تصویر یک .... نشان داده می‌شود. | کورهٔ آهنگدازی بلند

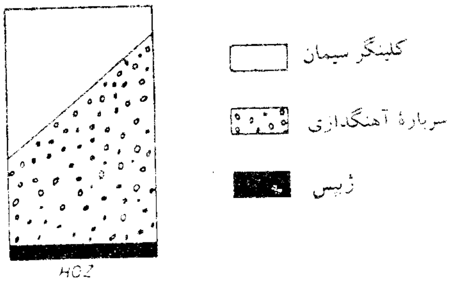
در این .... سنگ آهن را با حرارت زیاد | کورهٔ آهنگدازی بلند

کوره ذوب می‌کنند و فلز آن را از ناخالصی‌های موجود در سنگ آهن می‌گیرند. چون سنگ آهن فقط در صورتی ذوب می‌شود که ناخالصی‌های موجود در آن نیز ذوب شود. در نتیجه باید سنگ آهن در درجه حرارت پایین‌تری ذوب شود. پس به همین منظور به آن مادهٔ گدازآور مانند سنگ آهک اضافه می‌شود. بدین ترتیب در حرارت زیاد کوره، آهک و ناخالصی‌های موجود در سنگ آهن آب می‌شوند و در اثر ترکیب به‌صورت

مادهٔ روان و خمیری شکل .... یا سربارهٔ کورهٔ آهنگدازی | تفاله

در می‌آید. چون .... از آهن مذاب سبکتر است در نتیجه | تفاله

بر روی آهن مذاب به‌صورت شناور می‌ایستند. به سربارهٔ کورهٔ آهنگدازی که‌ازاکسیدهای ، و تشکیل می‌شود، همچنین «روباره» نیز می‌گویند.	کلسیم-آلومینیوم-سیلیس
حال اگر قرار باشد از تفالهٔ کورهٔ آهنگدازی در ساختن انواعی از سیمانهای پرتلند استفاده شود باید در کورهٔ آهنگدازی بلند تفاله‌ها راکه روی آهن ذوب شده به صورت شناور قرارگرفته پس از جمع‌آوری به سرعت با آب سردکرده و آنگاه به‌صورت دانه‌هایی به قطر ۱mm خرد کنند.	
اگر کورهٔ آهنگدازی راکه‌دارای اکسیدکلسیم(CaO)، اکسیدآلومینیوم(Al_2O_3) و اکسیدسیلیس(SiO_2)می‌باشند با سیمان پرتلند و مقدار کمی گچ مخلوط کرده و آن را به‌صورت پودر بسیارریزی آسیاب کنند در آن صورت نوعی از سیمان پرتلند به نام سیمان پرتلند آهنی (EPZ) به‌دست می‌آید.	سرباره کلینکر
به‌طور کلی انواع سیمانهای پرتلند با موارد مصرف متفاوتی تولید می‌شوند مانند سیمان پرتلند زودگیر، سیمان پرتلند آهنی، سیمان پرتلند کم حرارت، سیمان پرتلند روباره و غیره. اگر چه لازم به ذکر است که در کشورهای مختلف نسبت مخلوط کردن سرباره باکلینکر نیز تفاوت دارد.	

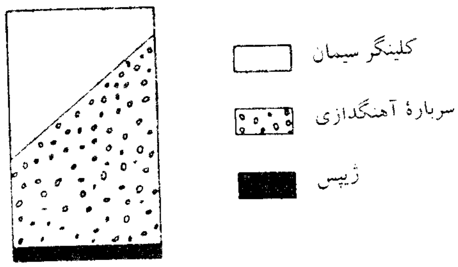


از آسیاب کردن مخلوط حداقل ۶۵٪ کلینکر سیمان با حداکثر ۳۵٪ سربارهٔ آهنگدازی و مقدار کمی گچ تا ۵٪، سیمان پرتلند .... (EPZ) به دست می‌آید.

.... (EPZ) بیشتر از سیمان پرتلند (PZ) خاصیت ضد سولفاتی دارد.

آهنی

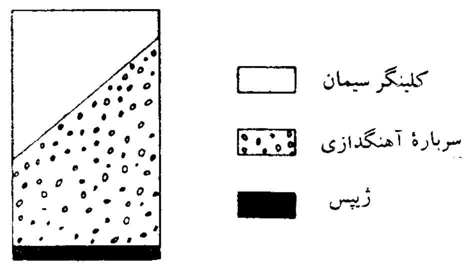
سیمان پرتلند آهنی

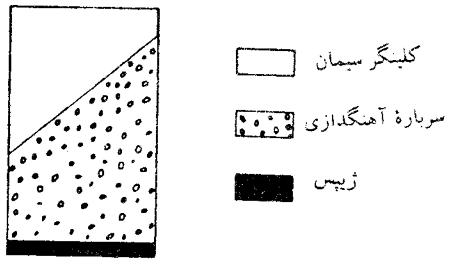


آیا تصویر بالا میزان نسبت مخلوط سرباره با کلینکر سیمان پرتلند آهنی را نشان می‌دهد؟

شکل بالا میزان نسبت مخلوط سرباره با کلینکر سیمان پرتلند آهنی را نشان نمی‌دهد زیرا سیمان پرتلند آهنی از آسیاب

خیر

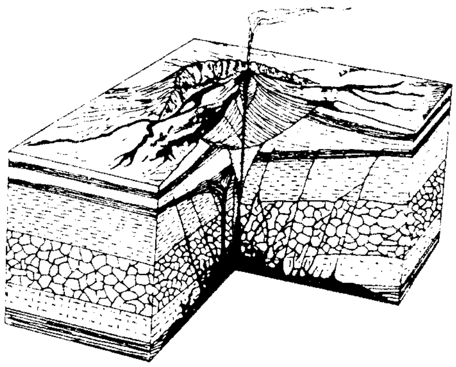
کردن مخلوط حداقل ۶۵٪ کلینکر سیمان با حداقل ۳۵٪ و مقدار کمی گچ به‌دست می‌آید.	سربارهٔ آهنگدازی
 این نوع سیمان از آسیاب کردن مخلوط حداکثر ۸۵٪ با حداقل ۱۵٪ کلینکر سیمان و مقدار کمی گچ به دست می‌آید. سیمانی که از ترکیب ۳۶ تا ۸۵ درصد با ۱۵ تا ۶۴ درصد کلینکر سیمان و مقدار کمی گچ تشکیل می‌شود، «سیمان پرتلند روباره» نامیده می‌شود.	سربارهٔ آهنگدازی روبارهٔ آهنگدازی
بنابراین حرارت هیدراتاسیون سیمان پرتلند آهنی که از ترکیب حداقل ۶۵درصد با حداقل ۳۵درصد و ۵ درصد گچ به دست می‌آید، تقریباً کمی از حرارت هیدراتاسیون سیمان پرتلند (PZ) می‌باشد که فقط از ترکیب کلینکر و کمی گچ ساخته می‌شود. همچنین اگر چه سیمان پرتلند (PZ) نسبت به‌سیمان پرتلند آهنی در برابر حملهٔ سولفاتها مقاومت دارد اما سیمان پرتلند آهنی (EPZ) همانند سیمان پرتلند (PZ) زودگیر (زود سخت‌شونده) است و مصرف هر دو نوع سیمان در کارهای ساختمانی از نظر کار در شرایط	کلینکر ـ سرباره کمتر کمتری

مختلف محیطی و محل مصرف مشابه یکدیگر می‌باشد.	
 سیمان پرتلند روباره که‌از ترکیب‌حداکثر ۶۴٪ کلینکرسیمان و ۳۶ تا ۸۵ درصد سربارهٔ آهنگدازی تشکیل می‌شود، دارای حرارت هیدراتاسیون پایینی می‌باشد و همچنین علاوه بر خاصیت حرارتی‌زائی کم، در مقابل جملهٔ سولفاتهای موجود در آب نیز مقاومت دارد.	سیمان‌پرتلندروباره
بنابراین که از ترکیب‌حداکثر ۶۴٪ کلینکر و ۳۶ تا ۸۵ درصد تشکیل می‌شود زودگیر نیست و علاوه بر خاصیت حرارت‌زائی پایین، خاصیت ضد سولفاتی نیز دارد.	سیمان‌پرتلندروباره سربارهٔ آهنگدازی
سیمان پرتلند روباره که از آسیاب کردن دانه‌های کلینکر سیمان و دانه‌های روبارهٔ آهنگدازی و همچنین مقدار کمی گچ به‌دست می‌آید، خواص هیدرولیکی دارد که سبب گیرش و سخت شدن سیمان می‌شود، اگر چه گیرش سریع سیمان که به علت وجود $3Cao.Al_2o_3$ اتفاق می‌افتد، با افزودن گچ خام یا $CaSo_4.\ 2H_2o$ و یا	تری‌کلسیم آلومینات ژیپس ـ انیدریت

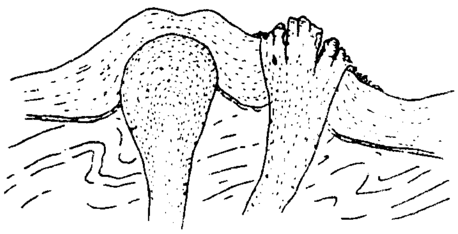
$CaSo_4$ قابل کنترل می‌باشد.

در واقع فرآیند اتصال هیدرولیکی در سیمان بدون وجود آهک هیدراته شده $Ca(oH)_2$ امکان‌پذیر نیست به‌طوری که فرآیند هیدراتاسیون سیمان پرتلند روباره را که منجر به سخت شدن سیمان می‌شود می‌توان به دو مرحله تقسیم‌بندی کرد: در مرحلهٔ نخست هیدراتاسیون و سخت شدن کلینکر سیمان اتفاق می‌افتد به‌طوری که در اثر هیدراتاسیون
$(3Cao.Sio_2)$،کلینکر سیمان شده‌ودرنتیجه‌هیدرات
کلسیم $Ca(oH)_2$ آزاد می‌شود اگر چه در اثر شدن
$(2Cao.Sio_2)$ نیز هیدرواکسید آهک
آزاد می‌شودمنتهامیزان‌گستردگی آن‌کمتر از
$(3Cao.Sio_2)$ می‌باشد. سپس بین کلینکر هیدراته شده با سرباره فعل و انفعالات شیمیایی انجام می‌شود. به‌طوری که هیدرواکسید کلسیم $Ca(oH)_2$ با آلومینیوم و سیلیس موجود در سرباره ترکیب شده و در نتیجه منجر به سخت‌شدن سیمان می‌شود.

تری‌کلسیم‌سیلیکات
هیدراته
هیدراته
دی‌کلسیم سیلیکات
تری‌کلسیم‌سیلیکات



در این شکل تصویر شماتیکی از یک کوه آتشفشان را نشان می‌دهد، «لاوا» به‌سطح پوستهٔ‌زمین راه پیدا کرده و فوران‌حاصل می‌کند و به‌صورت گدازه و گازهای آتشفشانی در می‌آید.

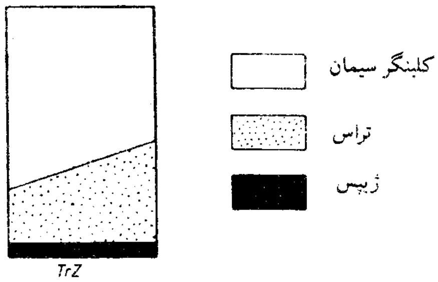


در اینجا نیز تصویر یک کوه آتشفشان نشان داده می‌شود که از سنگهای آتشفشانی تشکیل شده است. در اثر فعالیت آتشفشانی توام با انفجار گدازه‌های سیال، سنگهای آذرین نظیر «پامیس» نیز تشکیل می‌شود که شدیداً متخلخل می‌باشد و حتی در صورت متراکم بودن به توف اسیدی نیز تبدیل می‌شود.

از پامیس و خاکسترهای آتشفشانی نیز در تهیهٔ نوعی از سیمان پوزولن (سیمان پوزولانی) استفاده می‌شود که در مقابل آب و حتی آب دریا نیز مقاوم بوده و در بیرون و یا زیر آب نیز سخت می‌شود. «پوزولان» که به آن «تراس» نیز گفته می‌شود در صورت مخلوط شدن با آهک هیدراته شده، در مجاورت با رطوبت خاصیت سیمانی پیدا می‌کند.

سیمان پرتلند پوزولانی نیز از مخلوط پوزولانها با سیمان پرتلند به دست می‌آید.

تراس ـ هیدراته	در اثر مخلوط شدن با آهک در مجاورت با
	رطوبت، سیمان پوزولانی به‌دست می‌آید.
پوزولانها ـ	سیمان پرتلند پوزولانی که از مخلوط با
سیمان‌پرتلند	به‌دست می‌آید در مقابل حملهٔ سولفاتها بیشتر
	از سیمان پرتلند معمولی از خود مقاومت نشان می‌دهد.
	اگر ۶۰ تا ۸۰ درصد کلینکر سیمان پرتلند با ۲۰ تا ۳۰ درصد
پوزولان	مخلوط شده و پس از آسیاب به‌صورت پودر در
	آورده شود، سیمان پرتلند پوزولانی به دست می‌آید.



	پس اگر ۲۰ تا ۳۰ درصد پوزولان با ۶۰ تا ۸۰ درصد کلینکر
	سیمان پرتلند مخلوط شده و پس از آسیاب به‌صورت پودر در
سیمان‌پرتلندپوزولانی	آورده شود، به‌دست می‌آید.
سیمان‌پرتلندپوزولانی	در مقابل حملهٔ سولفاتها از خود
	مقاومت نشان می‌دهد و دارای هیدراتاسیون آرام و حرارت‌زائی
	کم نیز هست.

«سیمان»

سیمان به‌عنوان یک مادهٔ هیدرولیک

سیمان ماده‌ای است که خاصیت هیدرولیکی و قابلیت چسبندگی دارد به‌طوری که ملات سیمان می‌تواند به تدریج در صورت قرار گرفتن در معرض هوا و یا در زیر آب سخت شود. گیرش و سخت شدن سیمان در واقع به صورتی است که ابتدا در اثر ترکیب ملات سیمان با آب، جسم خمیری شکلی تشکیل می‌شود که خاصیت پلاستی‌سیته دارد (مرحلهٔ گیرش) و سپس به مرور زمان ملات سیمان تبدیل به جسم سفت و سختی می‌شود (مرحلهٔ سخت شدن) که در مقابل آب از خود مقاومت دارد.

ساخت سیمان

سیمان از مخلوط پخته شدهٔ مواد آهکی نظیر سنگ آهک ($CaCo_3$) با مواد رسی مانند خاک رس و شِیل و یا از ماده‌ای به نام مارل که مخلوطی طبیعی از سنگ آهک و خاک رس می‌باشد، تشکیل می‌شود.

همانطور که می‌دانید خاک‌های رس در واقع همان کانی‌ها سیلیکات آلومینیوم آبدار هستند که علاوه بر سیلیس و آلومینیوم می‌تواند دارای منیزیم و آهن نیز باشند و همچنین تاثیر حرارت کوره در مواد خام تشکیل دهندهٔ سیمان نیز باعث فعل و انفعالات شیمیایی می‌شود به‌طوری که منجر به اتصال مولکولی مواد غیر ارگانیکی موجود در خاک رس مانند اکسیدهای آهن و آلومینیوم می‌شود که در اثر ترکیب با آب و در نتیجه ایجاد اتصال هیدرولیکی، به‌تدریج سیمان سفت و سخت می‌شود.

مواد خام تشکیل‌دهندهٔ سیمان

اگر چه ترکیبات کلینکر سیمان شامل اکسیدهای اصلی مانند اکسیدکلسیم (Cao)، اکسید سیلیس (Sio_2)، اکسید آلومینیوم (Al_2o_3) و اکسید آهن (Fe_2o_3) می‌باشد که تاثیرات مهمی در خواص هیدرولیکی سیمان می‌گذارد اما دارای اکسیدهای فرعی نظیر اکسید منیزیم (Mgo)، اکسید پتاسیم (K_2o)، اکسید سدیم (Na_2o) و اکسید تیتانیم

(TiO_2) به مقدار بسیار کمی نیز هست. (به اکسیدهای سدیم و پتاسیم همچنین اکسیدهای قلیایی نیز گفته می‌شود.)

تاثیر ترکیبات شیمیایی در خواص هیدرولیکی سیمان

همانطور که می‌دانید کیفیت سیمان به‌ترکیبات شیمیایی آن بستگی دارد به‌طوری که در ترکیب مواد خام سیمان توجه به نسبت‌های اجزاء تشکیل دهندهٔ ماده با مقدار معین ضروری می‌باشد. به‌طورکلی نه فقط ترکیبات اصلی سیمان مانند آهک، سیلیس، آلومینا (اکسید آلومینیوم) و اکسید آهن بلکه ترکیبات فرعی نیز مانند اکسیدهای منیزیم، سدیم، پتاسیم و تیتانیم هم تاثیر زیادی در خواص سیمان دارند.

به‌طور مثال میزان نسبت اکسید کلسیم به اکسید سیلیسیوم در کیفیت سیمان تاثیر می‌گذارد و محاسبهٔ این نسبت‌ها در مرغوبیت سیمان بسیار حائز اهمیت می‌باشد. به این نسبت‌ها در مخلوط مواد خام سیمان همچنین ضریب (Modulus) نیز می‌گویند. یک روش برای محاسبهٔ این نسبت‌ها در ترکیب شیمیایی سیمان پرتلند، استفاده از «ضریب» می‌باشد. چنانچه در رابطهٔ زیر مقدار نسبت سیلیس یا در واقع نسبت درصد وزنی سیلیس به مجموع درصدهای وزنی اکسید آلومینیوم (آلومینا) و اکسید آهن (اکسید فریک) در حدود تقریبی ۲/۵ می‌باشد:

$$\text{نسبت سیلیس (ضریب سیلیس)} = \frac{SiO_2}{Al_2O_3+Fe_2O_3} \approx ۲/۵$$

و همچنین دومین نسبت عبارت است از:

$$\text{نسبت آلومینا (ضریب آلومینا)} = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} \approx ۱.......۵$$

همانطور که در رابطهٔ بالا مشاهده می‌شود، نسبت درصد وزنی اکسید آلومینیوم (آلومینا) به اکسید آهن بین ۱ تا ۵ است.

سومین نسبت که به آن ضریب هیدرولیکی نیز می‌گویند در رابطهٔ زیر در حدود تقریبی ۲ است:

$$\text{ضریب اشباع آهک (ضریب هیدرولیکی)} = \frac{CaO}{SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3} \approx ۲$$

پخت مواد خام سیمان

مواد خام سیمان در درجه حرارت حدود ۱۴۵۰°C پخته می‌شود به‌طوری که در این درجه حرارت مواد تا نقطهٔ ذوب می‌رسد و در نتیجه اکسیدهایی مانند اکسیدهای کلسیم، سیلیسیوم و آلومینیوم با هم ترکیب شده و به کلینکر تبدیل می‌شود. در واقع در این درجه حرارت کوره، کربنات کلسیم به اکسید کلسیم و کربنات منیزیم به اکسید منیزیم تبدیل شده و اکسیدهایی نظیر K_2O, Na_2O, Ti_2O, P_2O_2 نیز تشکیل می‌شوند.

تشکیل کلینکر

بر اثر خنک کردن سریع کلینکر، دانه‌های کلینکر بلوری و شیشه‌ای می‌شوند و در واقع کلینکرهایی که سریعاً سرد می‌شوند، بلورهای ریزتری دارند و این عمل کریستاله‌شدن باعث می‌شود تا کلینکر در مقابل حملهٔ سولفاتها نیز مقاومت داشته باشد.

آهک هیدرولیک

متن A

همانطور که می‌دانید آهک زنده (CaO) که به عنوان چسب ساختمانی مورد مصرف قرار می‌گیرد، از سنگ آهک خالص ($CaCO_3$) به دست می‌آید به‌طوری که از آن در ساختن ملات آهک هوایی استفاده می‌شود. در واقع میزان خاک رس در آهک هوایی که از سنگ آهک پرمایه (۹۵ تا ۱۰۰ درصد کربنات کلسیم خالص) تهیه می‌شود نباید از ۱۰٪ تجاوز کند. ملات آهک هوایی به‌منظور سخت‌شدن در مجاورت با رطوبت یا آب باران برای سخت شدن فقط به (CO_2) هوا احتیاج دارد. بدین ترتیب که آهک هیدراته شدهٔ موجود در ملات آهک هوایی که دارای ماسه می‌باشد، (CO_2) هوا را که با رطوبت (H_2O) ترکیب شده و به‌صورت اسید کربنیک (H_2CO_3) در آمده است، جذب می‌کند و تبدیل به سنگ آهک $CaCO_3$ می‌شود در حالی که آهک آبی (آهک هیدرولیک) برای سخت شدن به هوا احتیاج ندارد و در زیر آب هم سخت می‌شود. آهک آبی که از پختن سنگ آهک با خاک رس یا سیلیس به‌دست می‌آید، زودگیر بوده و در مقابل آب دریا و سولفاتها مقاوم می‌باشد. همچنین هر چه میزان خاک رس در ملات آهک آبی بیشتر باشد، گیرش ملات سریع‌تر شده، آب در ملات کمتر نفوذ می‌کند و به همین علت نیز جنس آهک مرغوبتر می‌شود. فرآیند سخت شدن آهک آبی بر اثر فعل و انفعالات شیمیایی بین هیدرات کلسیم یونیزه شده $Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{++} + OH^{-}$ با آلومینیوم و سیلیس موجود در خاک رس به وجود می‌آید به‌طوری که این ترکیبات منجر به تشکیل هیدرواکسید آلومینیوم $Al(OH)$ و هیدرو اکسید سیلیس $Si(OH)$ می‌شود که در صورت ترکیب مجدد با کلسیم، مواد سختی مانند سیلیکات کلسیم $CaOSiO_2$ و آلومینات کلسیم $CaOAl_2O_3$ تشکیل می‌شود.

به‌طور کلی میزان نسبت کربنات کلسیم در سنگ آهک‌ها متفاوت می‌باشد نظیر سنگ آهک خالص که دارای حداقل ۹۵٪ کربنات کلسیم است و یا در سنگ آهک‌های دارای مارل مانند «مارل آهکی» که حداقل ۷۰٪، در «مارل» حداقل ۳۰٪ و در «مارل رسی» که حداقل ۱۵٪ کربنات کلسیم وجود دارد.

علاوه بر «آهک هوایی» و «آهک آبی» همچنین از سنگ آهکهایی که دارای ۷۵ تا ۸۵ درصد کربنات کلسیم هستند نیز به عنوان مادهٔ خام برای تهیهٔ «آهک نیمه آبی» استفاده

می‌شود به‌طوری که مقاومت فشاری ۲۸ روزهٔ این نوع آهک که در زیر آب نیز قابلیت سخت شدن دارد، به $۲N/mm^2$ می‌رسد. اگر چه از سنگ آهک‌های کم مایه که دارای ۶۵ تا ۷۵ درصد کربنات کلسیم هستند نیز در تهیهٔ «آهک آبی ـ هوایی» استفاده می‌شود که مقاومت آن $۵N/mm^2$ می‌باشد.

بدین ترتیب ملات‌های آهک آبی و یا آهک نیمه آبی که در کارهای ساختمانی زیر آب و اسکله‌ها نیز کاربرد دارند، در برابر حملهٔ سولفاتها مقاومت داشته و آب نیز در آنها نفوذ نمی‌کند.

آهک هیدرولیک

متن B

اگر مارل که مخلوطی از سنگ آهک و خاک رس می‌باشد، وارد کوره شده و در حرارت تا ۱۴۰۰ درجهٔ سانتیگراد پخته شود در آن صورت علاوه بر اکسید کلسیم، همچنین اکسید سیلیس، اکسید آلومینیوم و اکسید آهن نیز تشکیل می‌شود. آهکی که دارای چنین ترکیباتی می‌باشد، خاصیت هیدرولیسیته دارند زیرا در زیر آب نیز سخت می‌شود. بنابراین آهکهای آبی از آهکهای هوائی زودگیرتر هستند، در زیر آب نیز سخت می‌شوند، بسیار مقاوم بوده و در مقایسه با آهک هوایی نسبت به مواد شیمایی مانند سولفاتها و کربنات‌ها حساسیت کمتری دارند.

اکسیدهای حاصل از پخته شدن مارل بر اثر حرارت کوره:

اکسید سیلیس SiO_2

اکسید آلومینیوم Al_2O_3

اکسید آهن Fe_2O_3

ـکدامیک از اطلاعات زیر فقط در متن A و یا فقط در متن B و یا در هر دو متن A و B وجود دارد.

۱. میزان خاک رس در سنگ آهکی که به عنوان مادهٔ خام برای تهیهٔ آهک هوایی مورد استفاده قرار می‌گیرد نباید از ۱۰ درصد تجاوز کند.

۲. از ملات‌های آهک آبی در کارهای ساختمانی زیر آب استفاده می‌شود.

۳. مارل از مخلوط سنگ آهک و خاک رس تشکیل می‌شو.

۴. آهک هوایی برای سخت شدن به رطوبت و دی‌اکسید کربن احتیاج دارد.

۵. آهک‌های آبی در زیر آب نیز سخت می‌شوند.

۶. آهک‌های آبی نسبت به حملهٔ سولفاتها مقاومت دارد.

۷. از پختن مارل در حرارت ۱۴۰۰ درجهٔ کوره، اکسیدهای سیلیس، آلومینیوم و آهن به‌دست می‌آید.

۸. فرآیند سخت‌شدن آهک هیدرولیک بر اثر ترکیب هیدرات کلسیم با آلومینیوم و سیلیس موجود در خاک رس به‌وجود می‌آید.

۹. آهک‌های مارل‌دار دارای خاصیت هیدرولیسته هستند.

۱۰. آهک‌های آبی از آهک‌های هوایی زودگیرترند.

۱۱. میزان مقاومت فشاری آهک‌های آبی ـ هوایی از آهک‌های نیمه آبی بیشتر است.

۱۲. آهک‌های آبی نسبت به مواد شیمیایی در مقایسه با آهک هوایی حساسیت کمتری دارند.

۱۳. با توجه به میزان ناخالصی (مخصوصاً خاک رس) موجود در سنگ آهک‌ها، در کارهای ساختمانی از انواع مختلفی مانند آهک هوایی، آهک نیمه آبی و آهک آبی ـ هوایی استفاده می‌شود.

۱۴. آهک‌های آبی باگذشت حداکثر ۲۸ روز به مقاومت نرمال خود می‌رسند.

۱۵. مقدار خاک رس موجود در سنگ آهک‌هایی که در تهیهٔ آهک نیمه آبی مصرف می‌شوند، حداقل ۱۵٪ می‌باشند.

ـاطلاعات شماره‌های متن A وجود دارند.	فقط در	۱و۲و۴و۸و۱۱و ۱۳و۱۴و۱۵

ـ اطلاعات شماره‌های فقط در متن B وجود دارند.	۳و۷و۹و۱۲
ـ اطلاعات شماره‌های در هر دو متن A و B وجود دارند.	۵ و ۶

«خصوصیات سیمان»

گیرش و سخت‌شدن سیمان

به‌طور کلی در موقع مصرف سیمان دانستن اطلاعات کافی در مورد زمان گیرش سیمان از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد.

زمان شروع گرفتن سیمان (سیمان دیگر حالت روانی ندارد)، قاعدتاً بایستی یک ساعت بعد از ساختن ملات سیمان و زمان ختم گرفتن سیمان (ملات سیمان کاملاً سفت می‌شود) ۱۲ ساعت بعد از ساختن ملات می‌باشد اگر چه عملاً زمان شروع گرفتن و ختم گرفتن سیمان به‌صورت دیگری می‌باشد زیرا فرآیند گیرش به عوامل مختلفی بستگی دارد از جمله آنکه برای ساختن خمیر باید از مقدار معینی آب استفاده شود که در واقع تعیین کنندهٔ غلظت خمیر می‌باشد و همچنین به تفاوت در ترکیبات شیمیایی سیمان‌ها با یکدیگر که سبب می‌شود تا انواع مختلف سیمان با خواص متفاوتی تولید شود نیز بستگی دارد. البته وابستگی فرآیندگیرش به انواع مختلفی از موادکه در صورت اضافه شدن به ترکیبات سیمان از آنها به عنوان تسریع کننده و یا کند کنندهٔ گیرش استفاده می‌شود، نیز از اهمیت خاصی برخوردار است نظیر افزودن کلرور کلسیم ($CaCl_2$) یا کربنات سدیم (Na_2Co_3) و یا آب به عنوان تسریع کنندهٔ گیرش و یا برعکس اضافه کردن بوراکس ($Na_2B_4o_7.10H_2o$) یا هیدرات کلسیم $Ca(oH)_2$ به عنوان کند کنندهٔ گیرش سیمان.

حرارت هیدراتاسیون

همانطور که می‌دانید در اثر ترکیب آب با اجزاء تشکیل دهندهٔ سیمان مقداری حرارت آزاد می‌شود که به آن حرارت هیدراتاسیون می‌گویند. در فرآیند هیدراتاسیون‌ریزی دانه‌های سیمان در سرعت هیدراتاسیون تاثیر می‌گذارد به‌طوری که هر چه سیمان ریزتر باشد، سرعت هیدراتاسیون و مقاومت سیمان افزایش می‌یابد. در واقع افزایش نرمی سیمان باعث افزایش‌سرعت هیدراتاسیون و مقاومت‌سیمان می‌شود. همچنین میزان حرارت تولید شده به‌ترکیبات سیمان نیز وابستگی دارد مانند

وجود تری‌کلسیم آلومینات $3CaO.Al_2O_3$ و تری‌کلسیم سیلیکات $3CaO.SiO_2$ که در میزان حرارت آزاد شده تاثیر زیادی دارند به‌طوری که در صورت کاهش این دو فاز مذکور از میزان حرارت هیدراتاسیون کاسته می‌شود. چون تری‌کلسیم آلومینات $3CaO.Al_2O_3$ با سرعت با آب ترکیب می‌شود، در نتیجه باعث گیرش سریع خمیر سیمان می‌گردد و به‌همین علت نیز برای به تاخیر انداختن گیرش سیمان مقداری ژیپس به سیمان اضافه می‌کنند. بدین ترتیب در حالی که فاز فریت در چهار کلسیم آلومینو فریت $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$ به عنوان یک عامل واکنش دهنده با سرعت کم عمل می‌کند، اما افزایش ضریب آلومینا و ضریب سیلیس باعث گیرش سریع سیمان می‌شود به‌طوری که در صورت کاهش مقدار تری‌کلسیم آلومینات $3CaO.Al_2O_3$ (کاهش ضریب آلومینا) و افزایش میزان چهار کلسیم آلومینو فریت $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$ از میزان حرارت آزاد شده کاسته می‌شود.

استقامت سیمان در برابر انبساط ناشی از تاثیر حرارت

اگر چه سیمان سالم پس از سخت شدن حتی در برابر انبساط ناشی از تاثیر حرارت دارای استقامت می‌شود اما عواملی مانند فرآیند ترک خوردگی در سیمان، افزایش حجم اجزاء تشکیل دهندهٔ سیمان و یا اثر فعل و انفعالات شیمیایی مواد مضری مانند قلیائی‌ها و سولفات‌ها نیز می‌توانند باعث تغییر حجم سیمان شوند. چون حجم ملات در موقع سخت شدن کاهش می‌یابد به‌طوری که سیمان پس از خشک شدن در اثر جمع شدگی دچار تغییر حجم می‌شود، در نتیجه در سیمان فرآیند ترک‌خوردگی ایجاد می‌شود چرا که به هر حال حجم خمیر سیمانی که با آب مخلوط شده است، بیشتر از حجم سیمان پس از مرحلهٔ هیدراتاسیون می‌باشد.

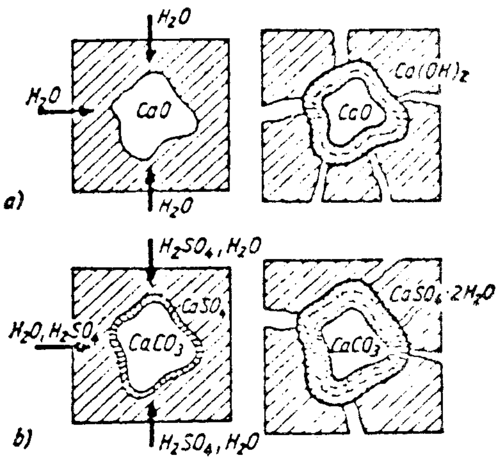
از جمله موارد دیگری که باعث خرابی سیمان می‌شود، وجود مواد مضری مانند قلیایی‌های سیمان (نظیر اکسید سدیم Na_2O و اکسید پتاسیم K_2O) و یا وجود سولفاتها می‌باشد که در خاک رس و شیل وجود دارند و اغلب از آنها در تهیهٔ سیمان پرتلند استفاده می‌شود. از جملهٔ سولفاتها می‌توان ماده‌ای مانند گچ خام (ژیپس $CaSO_4.2H_2O$) را نام برد. همچنین اکسید منگنز و اکسیدهای قلیایی در صورتی که همراه با ترکیبات

شیمیایی مواد خام سیمان وارد کوره شوند، می‌توانند حتی اثرات مضری در فرآیند پخت سیمان داشته باشند. از آنجایی که اکسید منگنز در اثر مجاورت با آب کریستاله می‌شود، در نتیجه حجمش افزایش می‌یابد و در واقع انبساط حجمی پیدا می‌کند و حتی در صورتی که کلینگر سیمان به آرامی سرد شود و مقدار اکسید منیزیم Mgo نیز در کلینکر زیاد باشد، سیمان پس از شروع‌گیرش دچار انبساط حجمی می‌شود به‌طوری که به سلامت سیمان صدمه می‌زند و منجر به تولید سیمانی ناسالم می‌شود. بدین ترتیب با افزایش سرعت سرد کردن کلینگر می‌توان از بروز این اثرات زیان‌آور جلوگیری کرد.

مقاومت سیمان

چون انواع سیمان‌ها با ترکیبات مختلف شیمیایی ساخته می‌شوند و دارای خواص فیزیکی و مکانیکی متفاوتی نیز هستند که به همین علت نیز میزان مقاومت فشاری انواع مختلف سیمان با یکدیگر تفاوت دارد اگر چه‌به‌طور کلی ملات سیمان پس از سخت شدن در ضمن اینکه ثبات حجم خود را حفظ می‌کند، پس از ۲۸ روز به حداقل مقاومت فشاری ۲۲/۵ نیوتن بر میلیمتر مربع می‌رسد.

به‌طور کلی دقت در انتخاب مواد خام سیمان و همچنین ریزی بالای دانه‌های سیمان در افزایش مقاومت سریع سیمان بسیار تاثیر می‌گذارد به‌طوری که مقاومت فشاری سیمان را تا حد $۳۵N/mm^2$ و حتی $۴۵N/mm^2$ می‌رساند. مزیت استفاده از اینگونه سیمان‌ها در گیرش سریع اولیه آنها نیز هست.



a) تاثیر آب بر روی آهک (آهک شکفته می‌شود و ازدیاد حجم پیدا می‌کند)

b) تاثیر سولفات روی کربنات کلسیم

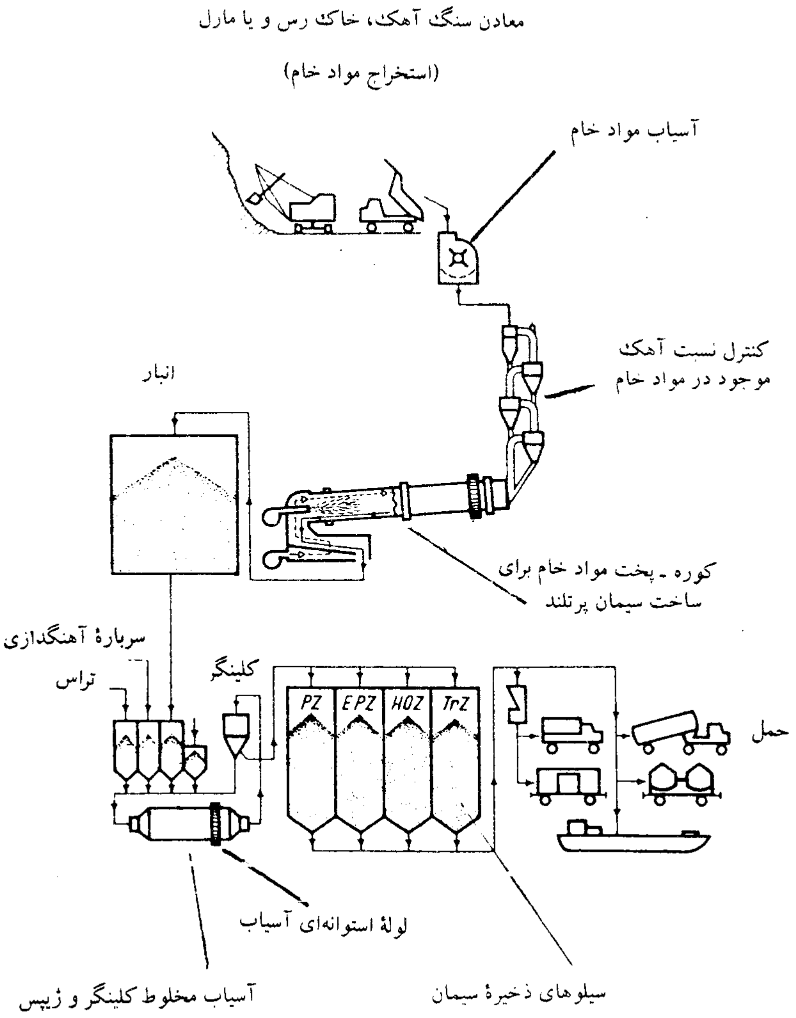
تصویر شماتیکی از ازدیاد حجم آهک پس از هیدراته شدن آهک و ازدیاد حجم کربنات کلسیم ($CaCo_3$) به علت تاثیر سولفاتها

«ساخت سیمان پرتلند»

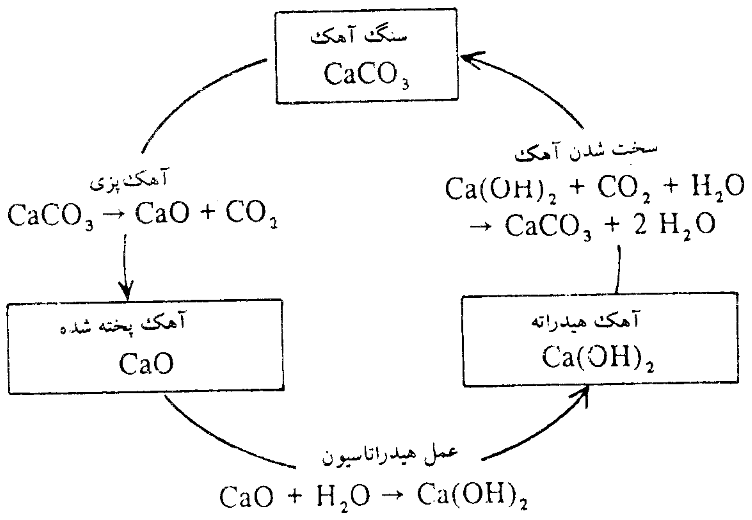
مواد خامی که از معادن سنگ آهک و خاک رس و یا از معادل مارل به دست می‌آید برای پختن سیمان وارد کورهٔ سیمان‌پزی می‌شود حال چه به صورت خاک رس و سنگ آهک و یا چه به‌صورت مارل به‌هر حال به دو روش وارد کوره می‌شود که عبارتند از روش خشک و روش مرطوب (تر).

مواد خام مخلوط و آسیاب شده باید با نسبت‌های کنترل شده وارد کوره شود حال چه به صورت پودر باشد و یا چه به‌صورت لجن در آورده شده باشد و درصد آهک موجود در لجنی که وارد کوره می‌شود باید به‌طور دقیق تصحیح شود. در واقع به‌منظور به‌دست آوردن مادهٔ خام موردنظر اجزاء تصحیحی باید به مواد افزوده شود. این مواد تصحیح کننده دارای اکسیدهایی هستند که برای رسیدن به ترکیب شیمیایی مواد اولیه سیمان مورد لزوم می‌باشد. بدین ترتیب کلینکر تولید شده نباید دارای آهک آزاد هیدراته نشده باشد زیرا سلامت سیمان را به خطر می‌اندازد. به‌طور کلی خمیر سیمان در صورتی که دارای آهک و منیزیم آزاد باشد پس از گیرش دچار تغییر حجم زیادی می‌شود که سبب ترک خوردن سیمان می‌گردد. مواد خام مخلوط شده در کورهٔ دوار (کورهٔ گردنده) تا حرارت ۱۴۰۰ درجهٔ سانتیگراد با درصدهای معینی پخته می‌شود به‌طوری که مواد تا رسیدن به‌نقطهٔ ذوب با هم ترکیب شده و کلینکر به‌دست می‌آید. بدین ترتیب دانه‌های کلینکر پس از خنک‌شدن به‌منظور جلوگیری از گیرش سیمان همراه با مقداری سنگ گچ (ژیپس یا انیدریت) به صورت بسیارریزی در آسیاب‌های گلوله‌ای آسیاب می‌شوند. این آسیاب‌های گلوله‌ای که از لولهٔ استوانه‌ای شکلی تشکیل شده است، با حرکت دورانی حول محور افقی می‌چرخد به‌طوری که در داخل آن گلوله‌های فولادی همراه با چرخش دورانی لولهٔ استوانه‌ای بلند می‌شوند و پس از بالا رفتن سقوط می‌کنند و در نتیجه در اثر ضربه گلوله‌ها، کلینکر و گچ داخل لولهٔ استوانه‌ای کوبیده و آسیاب می‌شود. البته هر چه طول آسیاب بیشتر باشد، دانه‌های کلینکر ریزتر خرد می‌شوند. مخلوط کلینکر و گچ آسیاب شده را که به صورت فله یا سیمان کیسه در می‌آورند، از کارخانهٔ سیمان توسط کامیون‌های مخصوص حمل‌ونقل فله‌ای، یا

به‌وسیلهٔ کامیون، واگن، قطار و یا کشتی به‌محل مصرف حمل می‌شود و در صورتی‌که مقدار سیمان آسیاب‌شده بیشتر از میزان مصرف و بارگیری باشد برای ذخیرهٔ سیمان مازاد بر احتیاج از سیلوهای بتونی استفاده می‌شود.


معادن سنگ آهک، خاک رس و یا مارل
(استخراج مواد خام)
آسیاب مواد خام
کنترل نسبت آهک
موجود در مواد خام
انبار
کوره ـ پخت مواد خام برای
ساخت سیمان پرتلند
سربارهٔ آهنگدازی
تراس
کلینگر
PZ
EPZ
HOZ
TrZ
حمل
لولهٔ استوانه‌ای آسیاب
آسیاب مخلوط کلینگر و ژیپس
سیلوهای ذخیرهٔ سیمان

چرخهٔ مراحل تولید و مصرف آهک



ـ لطفاً با توجه به تصویر بالا چرخهٔ آهک را توضیح دهید

فصل سوم

ملات و بتن

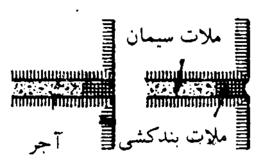
«سنگدانه‌ها»

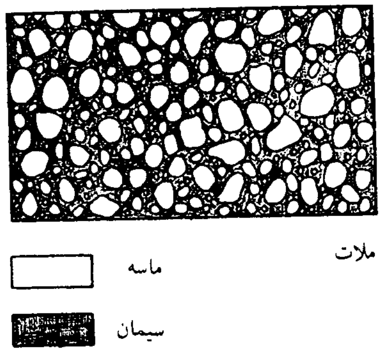
(خواص و انواع سنگدانه‌ها)

همانطور که می‌دانید شن و ماسه در اثر هوازدگی و فرسایش سنگهای طبیعی به وجود می‌آیند و یا با خرد کردن سنگهای طبیعی به‌طور مصنوعی تولید می‌شوند که به عنوان مصالح سنگی در ساختن بتن مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌طور کلی در اثر هوازدگی و پوسیدن سنگهای آذرین، فلدسپات موجود در سنگ به خاک رس تبدیل شده و کوارتز نیز به ماسه تبدیل می‌شود.

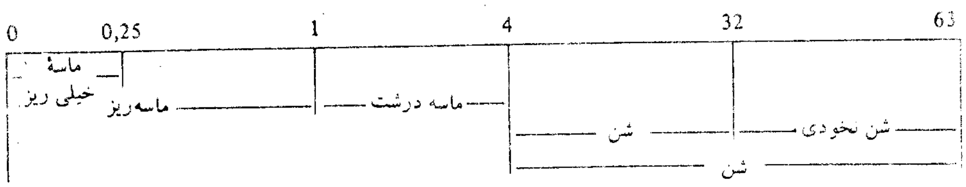
همچنین سیمان نیز از سنگهای طبیعی مانند سنگ آهک و خاک رس که دارای اکسیدهای سیلیسیم و آلومینیوم می‌باشد، تهیه می‌گردد. اگر چه از همین خرده سنگها، سنگ آهک و یا سیمان نیز سنگهای مصنوعی مانند آجر ماسه آهکی و یا ملات تولید می‌شود. به‌طور کلی سنگهای مصنوعی در مقایسه با سنگهای طبیعی از مزایای بیشتری برخوردارند زیرا به شکل‌های دلخواه ساخته می‌شوند و کاربردهای مختلفی نیز دارند مانند انواع آجرها و کاشی و یا بلوک‌های سفالی که به‌صورت بلوک‌های سقفی و یا بلوک‌های تیغه‌ای مورد مصرف قرار می‌گیرند.

شن و ماسه که به آنها سنگدانه‌های درشت و یا سنگدانه‌های ریز نیز گفته می‌شود از جمله موادی هستند که در ساختن سنگهای مصنوعی مانند آجر ماسه آهکی کاربرد دارند و حتی از آنها در ساختن ملات نظیر ملات ماسه سیمان به کار می‌رود. علاوه بر اینکه سنگدانه‌ها به عنوان مصالح سنگی در ساختن بتن نیز مورد مصرف قرار می‌گیرند.





اندازهٔ قطر دانه‌های سنگی در ملات و بتن (قطر دانه‌های سنگی برحسب میلیمتر)



«ملات»

به‌طور کلی ملات از اختلاط سیمان با ماسه و آب تهیه می‌شود. اگر چه علاوه بر ملات ماسه سیمان و ملات ماسه آهک انواع دیگری از ملاتها مانند ملات گچ، ملات گچ و خاک و یا حتی ملات گل آهک نیز وجود دارند که در ساخت آنها ماسه و سیمان به‌کار نمی‌رود. انواع ملاتها که دارای مقاومت فشاری متفاوتی هستند، از نظر سرعت گیرش نیز به دو گروه ملات‌های زودگیر مانند ملات گچ، ملات گچ و خاک و ملات‌های دیرگیر نظیر ملات گل، ملات گل آهک، ملات ماسه سیمان، ملات ماسه آهک و ملات باتارد تقسیم‌بندی می‌شوند.

ـ کدامیک از اطلاعات زیر در متن‌های «سنگدانه‌ها» و «ملات» وجود دارند؟

۱. شن و ماسه به علت هوازدگی و فرسایش سنگهای طبیعی تشکیل می‌شوند.

۲. ماسه در اثر هوازدگی فلدسپاتها به وجود می‌آید.

۳. ماسه دارای دانه‌بندی از صفر تا ۴ میلیمتر و شن ذرات بزرگتر از ۴ میلیمتر الی ۱۶ میلیمتر می‌باشد.

۴. سیمان نیز از سنگهای طبیعی به دست می‌آید.

۵. از سیمان و خرده سنگها نیز سنگهای مصنوعی تولید می‌شود.

۶. آجر ماسه آهکی جزو سنگهای مصنوعی محسوب می‌شود.

۷. انواع آجرها از سنگهای مصنوعی هستند.

۸. ملات از سیمان، ماسه و آب تشکیل می‌شود.

۹. اندازهٔ قطر ماسه در ملات و بتن بیشتر از ۴ میلیمتر است.

۱۰. میزان شیل در سیمان نباید از سه درصد تجاوز کند.

۱۱. ملاتها قابلیت رنگ‌پذیری دارند.

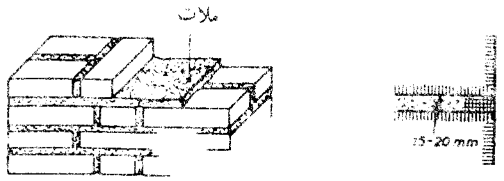
۱۲. مقاومت فشاری در انواع ملاتها با یکدیگر تفاوت دارد.

۱۳. ملات گچ و خاک جزو ملاتهای زودگیر می‌باشد.

۱۴. ملات ماسه آهک از انواع ملاتهای زودگیر محسوب می‌شود.

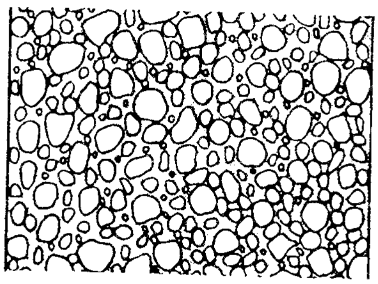
۱۵. وزن خاک رس موجود در شن و ماسه نباید از ۳٪ تجاوز کند.

ـ اطلاعات شماره‌های ۱-۳-۴-۵-۶-۸-۱۲-۱۳ در متن‌های «سنگدانه‌ها» و ملات» وجود دارند.



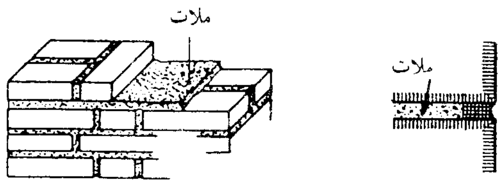
در اینجا آجرها با ملات به هم متصل شده‌اند زیرا ملات می‌تواند به علت دارا بودن خاصیت چسبندگی، قطعات مصالح ساختمانی مانند آجر را به خود بچسباند.

ملات ماسه سیمان که در ساختمان‌سازی کاربرد بیشتری دارد، از ماسه، سیمان و آب تشکیل می‌شود.



ملات .... که جزو سنگهای مصنوعی محسوب می‌شود، از مخلوط سیمان، ماسه و آب تشکیل شده است. ماسه که از دانه‌های به‌هم چسبیده‌ای تشکیل شده است می‌تواند دارای مقدار زیادی کوارتز باشد.	ماسه سیمان

بنابراین ملات ...... از مخلوط سیمان، ماسه و آب تشکیل می‌شود.	ماسه سیمان
اندازه بزرگترین دانهٔ ماسه در ملات ...... که برای آجر چینی در نماسازی مورد مصرف قرار می‌گیرد نباید از ۴ میلیمتر تجاوز کند.	ماسه سیمان
در ملات ...... بهتر است از ماسهٔ طبیعی که دانه‌های گرد گوشه دارد، استفاده شود زیرا بهتر روبهم می‌لغزند و در مقایسه با ماسهٔ شکسته خاصیت شکل‌پذیری بهتری دارند. به‌طور کلی هر چه شکل دانه‌ها در ماسه سنگ ساختمانی گرد گوشه‌تر باشد، زیر ماله بهتر خاصیت شکل‌پذیری پیدا می‌کند.	ماسه سیمان
چون ماسهٔ طبیعی معمولاً دارای دانه‌های بسیار ریز خاک می‌باشد که می‌تواند روی دانه‌های ماسه را بپوشاند و نتیجتاً مانع اتصال سیمان با ماسه شود، به همین علت نیز میزان وزن خاک رس موجود در ماسه نباید از ۳٪ تجاوز کند.	
بدین ترتیب ملات ماسه سیمان که از مخلوط ......، ...... و آب تشکیل شده است، می‌تواند قطعات مصالح ساختمانی مانند دو قطعه آجر را به خود بچسباند.	سیمان ماسه
این خاصیت چسبندگی در ملات به علت وجود سیمان می‌باشد که با توجه به تغییر نسبت مقدار سیمان به ماسه، میزان مقاومت ملات نیز تغییر می‌کند.	
به‌طور کلی تغییرات میزان سیمان مورد مصرف در ملات به محل مصرف سیمان بستگی دارد.	



در اینجا آجرها توسط ملات به هم چسبیده شده‌اند.

این نوع ملات ساختمانی که از نظر کاربرد، «ملات آجرکاری» نامیده می‌شود، برای ساختن دیوار مورد مصرف قرار می‌گیرد.

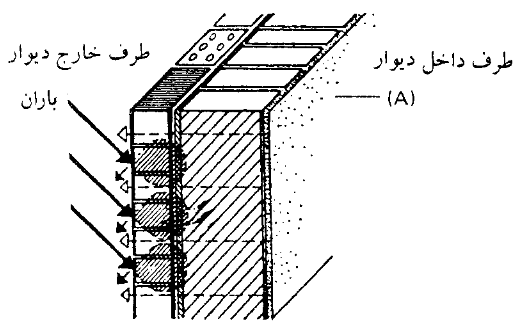
حال اگر ملات آجرکاری در دیواری مصرف شود که هیچگونه باری را تحمل نکند، در اینصورت توجه به میزان مقاومت فشاری ملات ضرورتی ندارد.

از جمله ملات‌هایی که مقاومت فشاری کمی دارند، ملات ماسه آهک را می‌توان نام برد که از آن برای اندود کردن سطوح و در واقع رومالی استفاده می‌شود و برای لای جرز آجر و لای سنگ نباید مصرف شود زیرا ملات ماسه آهک ملاتی هوایی است و برای گرفتن و سفت و سخت شدن به Co_2 موجود در هوا نیاز دارد و چون دی‌اکسیدکربن نمی‌تواند به داخل نفوذ کند، ملات ماسه آهک نمی‌تواند از هوا Co_2 بگیرد و سفت و سخت شود و در این صورت در حالت خمیری باقی می‌ماند.

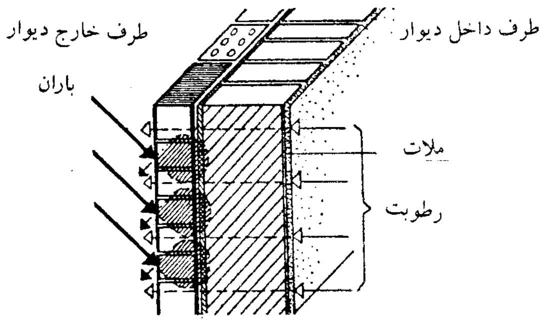
از آنجائی که .... آهک در ملات باعث .... مقاومت فشاری ملات می‌شود، در این صورت هر چه میزان آهک در ملات ماسه آهک .... یابد، میزان مقاومت فشاری ملات .... می‌شود.	افزایش ـ کاهش افزایش کمتر

عیار ملات با توجه به مقدار نسبت مواد چسباننده نیز تعیین می‌شود مانند ملات ماسه آهک که ۱ به ۳ می‌باشد. ترکیب ۱:۳ یعنی اینکه ملات ماسه آهک از یک قسمت مادهٔ چسباننده یا همان آهک و سه قسمت ماسه تشکیل شده است.	
ملات از گرد آهک شکفته، ماسه و آب تشکیل شده است. میزان مقاومت فشاری ملات ۱:۳ که مدت ۲۸ روز در هوای نمناک مانده باشد، به $۱N/mm^2$ می‌رسد که از آن برای اندود سطوح استفاده می‌شود و برای لای جرز آجر و لای سنگ مناسب نمی‌باشد.	ماسه آهک ماسه آهک
فرمول گرفتن و سخت شدن ملات ماسه آهک: $Ca(oH)_2 + Co2 + H_2o \longrightarrow CaCo_3 + 2H_2o$ آهک در ملات ماسه آهک با گرفتن دی‌اکسید کربن از هوا به کربنات کلسیم تبدیل می‌شود. ملات ماسه آهک در صورتی می‌گیرد و سفت و سخت می‌شود که هوا نمناک باشد و یا در هر حال به ملات نم برسد، در غیر این صورت ملات نمی‌گیرد و می‌سوزد. هر چه میزان آهک در ملات ماسه آهک بیشتر شود، اگر چه میزان کارآیی ملات، قابلیت آب‌نگهداری ملات می‌یابد اما میزان مقاومت فشاری آن می‌شود.	افزایش کمتر
بدین ترتیب میزان مقاومت فشاری ملات ماسه آهک که مدت ۲۸ روز در هوای نمناک مانده باشد به $۱N/mm^2$ می‌رسد که از آن برای اندود سطوح استفاده می‌شود و برای لای جرز	

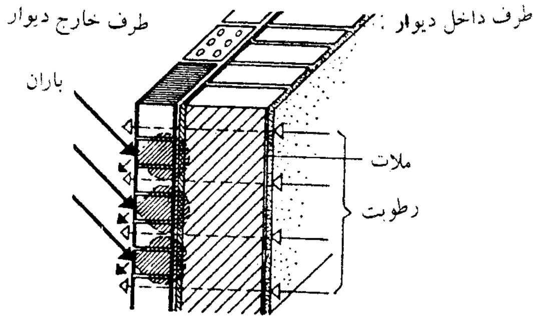
آجر و لای سنگ مناسب نمی‌باشد اما اگر مقاومت فشاری ملات حدود $\geq 2.5N/mm^2$ مورد لزوم باشد، در این‌صورت از ملات «ماسه سیمان آهک» استفاده می‌شود. اگر چه ملات ماسه سیمان آهک با نسبت‌های مختلفی ساخته می‌شود، اما اکثراً ملات ماسه سیمان آهک ۱:۱:۶ (یک قسمت سیمان، یک قسمت آهک و شش قسمت ماسه) کاربرد بیشتری دارد.	
میزان مقاومت فشاری در ملات ماسه سیمان آهک ۱:۲:۸ (یک حجم‌سیمان، دوحجم آهک و هشت‌حجم‌ماسه) از ملات ماسه آهک می‌باشد. مقاومت فشاری ۲۸ روزهٔ ملات ماسه سیمان آهک ۱:۲:۸ به حدود $\geq 2.5N/mm^2$ می‌رسد.	بیشتر
بدین ترتیب مقاومت فشاری ملات ماسه سیمان آهک که از سیمان، آهک، ماسه و آب تشکیل شده است،از ملات ماسه آهک بیشتر می‌باشد زیرا نسبت‌میزان موجوددرملات ماسه سیمان آهک میزان مقاومت فشاری در ملات را تعیین می‌کند. اگر چه ملات ماسه سیمان آهک در دیوارسازی و آجر کاری کاربرد بیشتری دارد اما درجایی که با قیر تماس دارد و یا از آرماتور استفاده شده باشد، از ملات ماسه سیمان آهک استفاده نمی‌شود زیرا باعث فساد قیر و خوردگی آرماتور می‌شود.	سیمان آهک
در صورتی که به‌منظور افزایش مقاومت کششی دیوار از آرماتور استفاده شود، نباید ملات ماسه سیمان آهک مورد مصرف قرار گیرد.	

اگر چه میزان مقاومت فشاری ملات ۱:۲:۸ بـه حـدود $\geq 2.5N/mm^2$ مـی‌رسد امـا در صـورتی کـه مقاومت فشاری بیشتری مورد لزوم باشد از ملات دیگری مانند «ملات ماسه سیمان» استفاده می‌شود. ملات ماسه سیمان از مادهٔ چسبانندهٔ سیمان، ماسه و آب تشکـیل شـده است و مـقاومت فشـاری آن بـه $\geq 10N/mm^2$ می‌رسد.	ماسه‌سیمان آهک
بدنی ترتیب با اینکه ملات ماسه سیمان مانند ملات گچ و یا ملات گچ و خـاک دارای خـاصیت چسـبندگی و شکـل‌پذیری زیادی نمی‌باشد اما ملات ماسه سیمان مقاومت فشاری زیادی را می‌تواند تحمل کند.	
 در این دیوار تعدادی آجر وجود دارد که به وسیلهٔ ملات به هم متصل شده‌اند. قشر داخلی بین آجرها از مـلات تشکـیل شـده است زیـرا	

ملات مادهٔ چسباننده‌ای است که باعث چسبیدن قطعات مصالح به یکدیگر می‌شود به‌طوری که ملات با قرار گرفتن بین دو قشر از مصالح ساختمانی می‌تواند مصالح را به‌خود بچسباند.



در اینجا ملات (A) به ضخامت حدود ۱۵mm بین دو قشر از مصالح ساختمانی مانند آجر قرار گرفته و آن دو قشر را به خود می‌چسباند. ملاتها موارد استفادهٔ زیادی در ساختمان‌سازی دارند. از ملات برای چسباندن قطعات مصالح ساختمانی به یکدیگر استفاده می‌شود و یا به عنوان رویه مالی نیز مورد مصرف قرار می‌گیرد.



در این دیوار تعدادی آجر وجود دارد که به‌وسیلهٔ ... به‌هم متصل شده‌اند.	ملات
قشر داخلی بین آجرها از ... تشکیل شده است زیرا	ملات
مادهٔ چسباننده‌ای است که باعث چسبیدن قطعات مصالح به یکدیگر می‌شود.	ملات
ملاتها موارد کاربرد مختلفی در ساختمان‌سازی دارند از جمله از ملات‌ها برای رویه مالی روی دیوار و یا آجر چینی استفاده می‌شود مانند ملات گچ و خاک که در زیر سفیدکاری (آستر سفیدکاری)، تیغه‌های ۵ سانتیمتری مصرف می‌شود و یا ملات گچ‌که‌در قشر رویهٔ سفیدکاری نیز کاربرد دارد. در حالی‌که از ملات ... برای‌اندود سطح استفاده‌می‌شود زیرا	ماسه آهک
ملات ... برای گرفتن و سخت‌شدن به دی‌اکسید	ماسه آهک
هوانیاز دارد و برای‌لای‌جرز مناسب‌نمی‌باشد. ملات ... اکثراً در آجر چینی مصرف می‌شود.	ماسه آهک

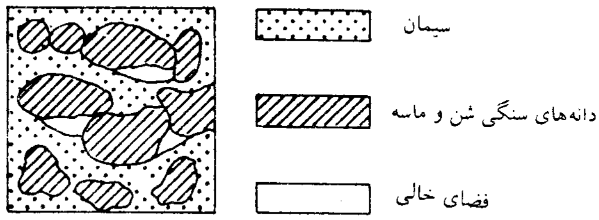
ملاتها از نظر گیرش به دو گروه ملات‌های هوایی و ملات‌های آبی تقسیم بندی می‌شوند. ملات‌های هوایی در هوا می‌گیرند یعنی در هوا سفت و سخت می‌شوند مانند ملاتهای گِلی و کاه‌گِلی که به‌صورت فیزیکی خشک می‌شوند و آب آزاد و رطوبتشان تبخیر می‌گردد و یا به‌صورت شیمیایی در هوا می‌گیرند مانند ملات گچ و ملات ماسه آهک. ملات‌های آبی در جایی که هوا نباشد و در زیر آب سفت و سخت می‌شوند مانند ملات ماسه سیمان و یا ملات گل آهک.	

بدین‌ترتیب ملات‌های گِلی و کاه‌گِلی جزو ملات‌های ______	هوایی
هستند که به‌صورت فیزیکی خشک می‌شوند و آب آزاد و رطوبتشان تبخیر می‌گردد. همچنین ملات گچ و ملات ماسه آهک نیز جزو ملات‌های ______ هستند که به‌صورت	هوایی
شیمیایی در ______ می‌گیرند در حالی که ملات ماسه سیمان	هوا
ملات گل آهک جزو ملات‌های ______ هستند زیرا درجایی	آبی
______ نباشد سفت و سخت می‌شوند.	هوا

بنابراین ملات‌ها به دو صورت سفت و سخت می‌شوند. گروهی از ملات‌ها در هوا سفت و سخت می‌شوند که به آنها ملات‌های هوایی می‌گویند. به عبارتی دیگر ملات‌های هوایی برای گیرش و سفت و سخت شدن به هوا احتیاج دارند مانند ملات ______	آهک هوایی
در ملات ______ که از گرد آهک شکفته و ماسه	آهک هوایی
تشکیل می‌شود، آهک با گرفتن Co_2 از هوا به کربنات کلسیم تبدیل می‌شود. از ملات ______ برای لای جرز آجر و	آهک هوایی

سنگ نباید استفاده شود. زیرا برای سفت و سخت شدن نمی‌تواند از هوا، دی اکسید کربن بگیرد و نتیجتاً به‌صورت خمیری باقی می‌ماند.	
گروهی دیگر از ملات‌ها در جایی که هوا نباشد و در زیر آب سفت و سخت می‌شوند که به آنها ملات‌های آبی می‌گویند مانند ملات گِل آهک و ملات‌های سیمانی و ملات	شفته آهک
در ملات ، آهک شکفته با سیلیس موجود در خاک رس ترکیب شده و در نتیجه سیلیکات کلسیم احتیاجی به Co_2 هوا ندارد.	شفته آهک

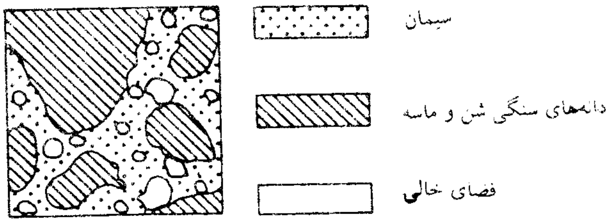
اگر سیمان، سنگدانه‌ها (ماسه و شن) و آب به نسبت‌های متناسبی با هم مخلوط شوند، در اثر بروز فرآیند هیدراتاسیون بین سیمان با آب، مادهٔ چسبنده‌ای تشکیل می‌شود که دانه‌های سنگی ماسه و شن را به‌هم می‌چسباند و بدین ترتیب «بتن» تشکیل می‌شود. بنابراین بتن که جزو مصالح ساختمانی محسوب می‌شود از اختلاط نسبت‌های متناسبی از سیمان، سنگدانه و آب تشکیل می‌شود. در بتن، خمیر سیمان فضاهای خالی بین دانه‌های سنگی شن و ماسه را پُر می‌کند و سنگدانه‌ها را به هم می‌چسباند:



که ______ جزو مصالح ساختمانی محسوب می‌شود از آمیختن نسبت‌های متناسبی از سیمان، سنگدانه‌ها و آب تشکیل می‌شود. سنگدانه‌ها که برای ساختن ______ مورد استفاده قرار می‌گیرند از شن و ماسه تشکیل شده‌اند:

بتن

بتن



دانه‌های سنگـــی در .... برحسب اندازه به دو گروه درشت (شن) و سنگدانهٔ ریـز (مـاسه) طبقه‌بندی مـی‌شوند. سیمان و آب در اثر فرآیند هیدراتـاسیون بـه مـادهٔ چسـبنده‌ای تبدیل می‌شود که فضاهای خالی بین سنگدانه‌ها را پُر می‌کند، سبب پیوند دانه‌های سنگی به‌یکدیگر شده و بدین‌ترتیب .... را می‌سازد. خمیر سیمان که حجمی از .... را اشغال می‌کند دارای تخلخل می‌باشد.

بتن
بتن
بتن

به‌طور کلی اگر مقدار آب موجود در خمیر سیمان از میزان مورد لزوم تجاوز کند، میزان چسبندگی بین سیمان و سنگدانـه کمتر می‌شود و در نتیجه مقاومت فشاری بتن کاهش می‌یابد و برعکس در صورتی که مقدار آب موجود در خـمیر سـیمان از میزان مورد لزوم کمتر باشد نیز آبگیری سیمان به‌خوبی انـجام نمی‌شود و در نتیجه مقاومت بتن کاهش می‌یابد.

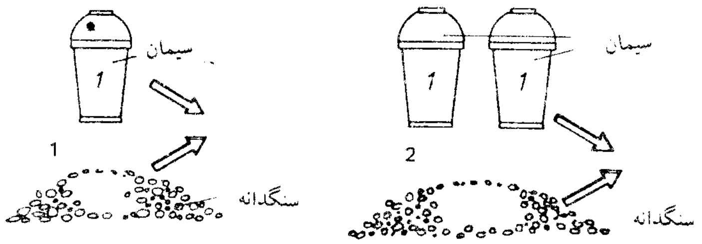
بدین ترتیب نسبت آب به سیمان به عنوان یکی از عـوامـل اساسی و موثر در مقاومت بتن تاثیر می‌گذارد.

بنابراین نسـبت وزنـی آب بـه سـیمان اثـر مـهمی در مـیزان

تخلخل سیمان دارد به‌طوری که هر چه نسبت آب به سیمان در خمیر هیدراته شده کمتر باشد (البته در صورتی که از حد لازم کمتر نشود) میزان تخلخل در بتن کمتر می‌شود. همچنین میزان تخلخل نیز در مقاومت بتن نقش تعیین کننده‌ای دارد بدین صورت که هر چه میزان تخلخل کمتر باشد به همان نسبت میزان مقاومت بتن بیشتر می‌شود. در واقع تخلخل به عنوان یک عامل اساسی در مقاومت بتن شناخته می‌شود.	
پس بدین ترتیب نسبت آب به سیمان در مقاومت بتن تاثیر دارد به‌طوری که هر چه نسبت آب به سیمان در خمیر هیدراته شده افزایش یابد، میزان‌تخلخل نیز در بتن می‌شود و هرچه میزان تخلخل بیشتر شود، به همان نسبت مقاومت بتن می‌یابد.	زیاد کاهش
به‌طور کلی حداقل نسبت آب به سیمان برای رسیدن به هیدراتاسیون کامل در خمیر سیمان باید رعایت شود. خمیر سیمان که در واقع از ترکیب سیمان و آب به وجود می‌آید به‌صورت سیمان هیدراته شده در می‌آید که به آن «ژل سیمان» نیز گفته می‌شود. آب موجود در داخل خمیر سیمان (آب ژلی) در بین حفراتی قرار می‌گیرند به نام «حفرات ژلی» که به‌صورت فضاهای موئینه‌ای به هم مرتبط می‌باشند. از آنجایی که برای ادامه فعل و انفعالات شیمیایی در هیدراتاسیون سیمان، باید آب موجود در حفرات موئینه کافی باشد به همین علت نیز میزان نسبت آب به سیمان (که در میزان آب ژلی موجود در حفرات ژلی موثر است)، در میزان تخلخل سیمان سخت شده تاثیر	

می‌گذارد به‌طوری که اگر خمیر سیمان در محیط مرطوب‌تری عمل آورده شود، نسبت آب کمتری برای رسیدن به هیدراتاسیون کامل لازم دارد.	
بنابراین هر چه نسبت وزنی آب به سیمان در بتن کمتر باشد، میزان مقاومت بتن سخت‌شده به‌علت .... تخلخل، پیدا می‌کند و برعکس هر چه نسبت وزنی آب به سیمان در بتن بیشتر شود، مقاومت بتن .... می‌یابد. در واقع با افزایش مقدار عیار سیمان، مقاومت فشاری بتن نیز .... می‌یابد.	کاهش ـ افزایش کاهش افزایش
در صورتی که بتن ساخته شده در هنگامی که از دستگاه مخلوط‌کن تخلیه می‌شود، از چسبندگی و روانی خوبی برخوردار باشد، در این حالت به آن «بتن تازه» گفته می‌شود در حالی که بعد از مدتی سفت می‌شود و خاصیت شکل‌گیری خود را از دست می‌دهد. در واقع بتن تازه با گذشت زمان سفت و سخت می‌شود که در این حالت به آن «بتن سخت شده» می‌گویند.	
.... باید به آسانی قابلیت شکل‌گیری داشته و از چسبندگی و روانی خوبی نیز برخوردار باشد. در واقع اگر .... چسبندگی مناسبی داشته‌باشد، درموقع ریختن، ذرات .... از یکدیگر جدا نمی‌شوند و در نتیجه پدیدهٔ جدایی دانه‌ها بروز نمی‌کند.	بتن تازه بتن تازه بتن تازه
به منظور متراکم کردن بتن نیرویی لازم است تا بر اصطکاک	

داخلی ذرات بتن غلبه شود. علاوه بر اینکه حتی نیرویی نیز باید برای غلبه بر اصطکاک موجود بین بتن و قالبها یا آرماتورها نیز صرف شود. بدین ترتیب عملاً هر چه انرژی لازم برای غلبه بر اصطکاک داخلی ذرات بتن، اصطکاک موجود بین بتن و قالبها یا آرماتورها بیشتر باشد، کارآیی بتن تازه کمتر می‌شود. بنابراین عوامل مختلفی مانندمیزان .... ، نوع و دانه‌های .... نسبت .... به‌سیمان و حتی ریزبودن سیمان نیز در کارآیی بتن تازه تاثیر می‌گذارد.	آب سنگدانه‌ها ـ سنگدانه
به طور کلی حالت‌های بتن از نظر سفتی و یا روانی ارتباط مستقیمی با میزان نسبت سیمان به سنگدانه دارد به‌طوری که اگر مخلوط بتن خیلی شُل باشد، به آن سنگدانه اضافه می‌شود و در صورتی که مخلوط بتن خیلی سفت باشد، مقدار سنگدانه باید کاهش داده شود. بنابراین مخلوط‌های بتن از نظر پرمایگی با در نظر گرفتن نسبت عیار سیمان به سنگدانهٔ مصرفی در بتن طبقه‌بندی می‌شوند. به‌طوری‌که مخلوط پرمایه نسبت‌سیمان به‌سنگدانهٔ .... دارد در حالی‌که مخلوط کم‌مایه دارای نسبت سیمان به‌سنگدانهٔ .... می‌باشد.	بیشتری کمتری

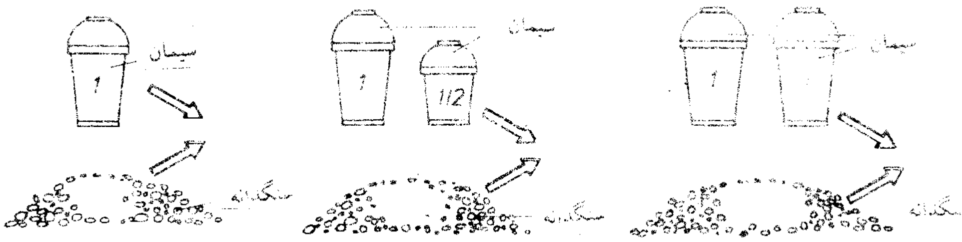


کدامیک از مخلوط‌های بتن در تصاویر بالا پرمایه می‌باشد؟

مخلوط بتن شمارهٔ ۲ مخلوط پرمایه است زیرا نسبت سیمان به سنگدانهٔ بیشتری دارد.

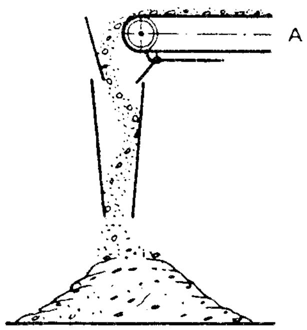
بدین ترتیب در صورتی که مخلوط بتن پرمایه باشد، مخلوط بتن شل بوده و به آن «بتن روان» می‌گویند در حالی که مخلوط بتن شمارهٔ ۱ که نسبت سیمان به سنگدانهٔ کمتری دارد، مخلوط بتن سفت می‌باشد و به آن «بتن سفت» گفته می‌شود.

چون با توجه به نسبت حجمی سنگدانه‌ها به سیمان، میزان کارآیی نیز با زیادشدن نسبت سیمان به سنگدانه افزایش می‌یابد و به عبارتی دیگر افزایش مقدار سیمان در بتن باعث زیاد شدن میزان کارآیی بتن می‌شود، بدین ترتیب در صورت ثابت بودن نسبت آب به سیمان، میزان کارآیی بتن تازه با افزایش نسبت سنگدانه به سیمان کاهش می‌یابد.



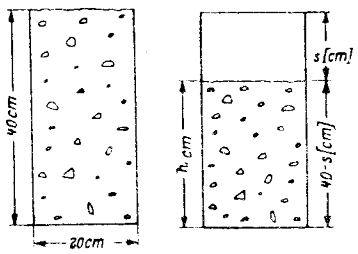
کارآیی مخلوط‌های به دست آمده در تصاویر بالا مشابه یکدیگرند؟ بله یا خیر؟	خیر
کارآیی مخلوط‌های به دست آمده در تصویر سمت راست می‌باشد زیرا با در نظر گرفتن نسبت حجمی سنگدانه	بیشتر
به‌سیمان، میزان کارآیی با نسبت سیمان به سنگدانه	افزایش -
می‌شود. در واقع شدن مقدار سیمان در	بیشتر - زیاد
بتن باعث میزان کارآیی بتن می‌گردد.	افزایش
بنابراین در صورت ثابت بودن نسبت آب به سیمان، میزان کارآیی بتن تازه با شدن نسبت سنگدانه به سیمان	زیاد
می‌شود.	کمتر

پس نسبت سنگدانه به سیمان از جمله عواملی است که در کارآیی بتن تازه تاثیر زیادی دارد به‌طوری که افزایش مقدار سیمان سبب افزایش کارآیی بتن می‌شود. همچنین درجهٔ نرمی ذرات سیمان نیز در کارآیی بتن تازه موثر می‌باشد. به‌طوری که هر چه نسبت سنگدانه‌های درشت به ریز بیشتر باشد، جدایی ذرات بتن از یکدیگر می‌یابد و در نتیجه میزان کارآیی	افزایش

بتن می‌شود در حالی که هر چه میزان ذرات ریز دانه در بتن افزایش یابد، میزان کارآیی بتن تازه می‌شود.	کمتر بیشتر
 همانطور که در تصویر مشاهده می‌شود، ریختن بتن تازه توسط این تسمه نقاله انجام می‌شود به طوری که در هنگام به علت افزایش مقدار هوای محبوس در بتن، حالت بتن تازه کمی شل‌تر می‌شود. از آنجایی که هر چه هوای محبوس در بتن بیشتر باشد، میزان کارآیی در بتن می‌شود و علاوه بر آن میزان تخلخل در بتن نیز می‌یابد و در نتیجه از مقاومت بتن سخت شده کاسته می‌شود، به همین علت برای خارج کردن هوای محبوس در بتن تازه باید بتن را تراکم کرد (اگر چه عملاً در بتن‌ریزی‌های معمولی خارج کردن همهٔ هوای محبوس در بتن و رسیدن به تراکم کامل امکان‌پذیر نیست).	بتن ریزی کمتر افزایش
پس بدین ترتیب در هنگام بتن تازه تا حدی هوای محبوس از بتن خارج می‌شود.	تراکم

به‌طورکلی روش‌های مختلفی برای ______ بتن‌وجود دارد که از جمله لرزاندن و ارتعاش بتن توسط دستگاه لرزاننده (ویبراتور) را می‌توان نام برد که منجر به خارج شدن هوای محبوس در بتن می‌شود.

(تراکم)



همانطور که در تصاویر بالا مشاهده می‌شود، در تصویر سمت چپ بتن هنوز متراکم نشده است در حالی که تصویر سمت راست نشان می‌دهد که بتن متراکم شده به‌طوری که در اثر تراکم بتن ذرات جامد بتن به هم نزدیک شده و در نتیجه هوای محبوس از بتن خارج می‌شود.

یکی از روش‌های تراکم بتن استفاده از لرزاندن و ارتعاش بتن می‌باشد که منجر به حذف هوای محبوس از بتن می‌گردد.

بنابراین به منظور تراکم بتن از روش ______ نیز استفاده می‌شود که منجر به حذف هوای محبوس از بتن شده و در نتیجه سبب نزدیک شدن ذرات جامد به یکدیگر می‌گردد.

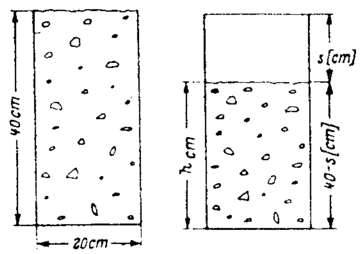
(لرزاندن و ارتعاش)

در واقع خارج شدن هوای محبوس از بتن تازه باعث

می‌شود که بتن تازه از کارآیی بالایی برخوردار شود به‌طوری که پس از سفت شدن دارای کمترین میزان تخلخل باشد و نتیجتاً مقاومت زیادی نیز داشته باشد.

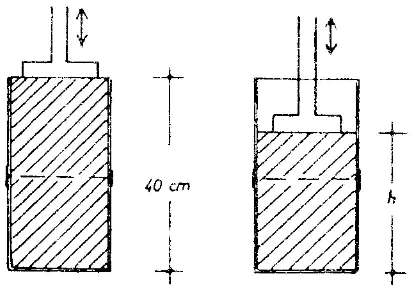
بدین ترتیب خارج شدن هوای محبوس از بتن تازه باعث می‌شود که بتن‌تازه از .... بالایی برخوردار شود. به‌طوری که پس از سفت شدن دارای کمترین میزان .... بوده و نتیجتاً .... زیادی نیز داشته باشد.

کارآیی
تخلخل
مقاومت



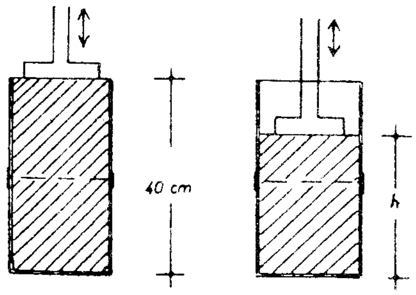
همانطورکه در تصویر سمت راست مشاهده می‌شود، در اثر اعمال فشار، هوای داخل بتن خارج شده و در نتیجه بتن تازه متراکم می‌شود. اگر چه روش لرزاندن و ارتعاش بتن تازه عملی‌ترین روش برای خارج کردن هوای داخل بتن می‌باشد که به آن «ویبره کردن» نیز گفته می‌شود.

در اینجا هوای داخل بتن با اعمال فشار خارج می‌شود:



همانطورکه می‌دانید با استفاده از روش لرزاندن و ارتعاش و یا همچنین   می‌توان هوای داخل بتن تازه را خارج کرد. اما روش کوبیدن بتن نیز روش دیگری است که برای تراکم بتن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ویبره کردن

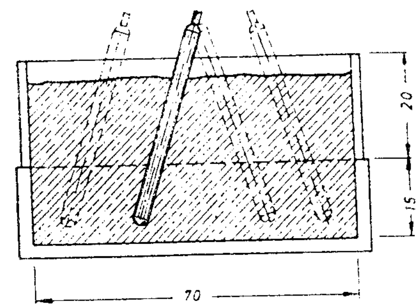


همانطورکه در تصویر نیز مشاهده می‌شود، در اینجا از روش   برای خارج کردن هوای محبوس در بتن تازه استفاده می‌شود و در واقع با اعمال فشار بتن تازه را می‌توان متراکم کرد.

انتخاب هر یک از روش‌های تراکم بتن باید با توجه به حالت بتن که در واقع بر اساس نسبت عیار سیمان به سنگدانه تعیین می‌شود، صورت گیرد.

کوبیدن بتن

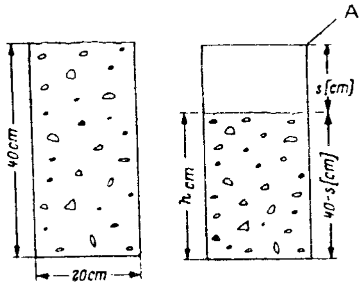
در واقع روش تراکم بتن باید با میزان روانی مخلوط انطباق داشته باشد. به‌طور مثال روش ارتعاش و لرزش و یا روش کوبیدن بتن در مورد بتن سفت مورد استفاده قرار می‌گیرد.



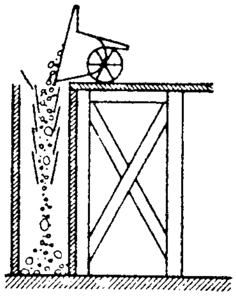
حال اگر قرار شود که بتن روان متراکم گردد، در این صورت می‌توان از میله به عنوان ابزاری برای تراکم بتن استفاده کرد. به‌طوری که با استفاده از روش میل‌زدن، در واقع با حرکت میله در داخل بتن که باعث بهم‌زدن و توزیع یکنواخت سنگدانه‌ها در داخل بتن نیز می‌شود، هوای داخل بتن خارج شده و در نتیجه بتن متراکم می‌گردد.

اگر چه روش ارتعاش و لرزش و یا روش کوبیدن بتن در مورد بتن ‏‏ ‏‏ کاربرد دارد. اما در مورد بتن ‏‏ ‏‏ چنین روش‌هائی به کار نمی‌رود و برای متراکم کردن بتن ‏‏ ‏‏ از روش میل‌زدن استفاده می‌شود.	سفت ـ روان روان
بنابراین در صورت استفاده از روش ‏‏ ‏‏ علاوه بر اینکه حرکت میله در داخل بتن سبب به‌هم زدن و توزیع	میل‌زدن

یکنواخت سنگدانه‌ها در داخل بتن می‌شود، همچنین هوای داخل بتن نیز خارج شده و در نتیجه بتن متراکم می‌گردد.



در اینجا تصویر سمت راست نشان می‌دهد که بتن تازه در داخل محفظه متراکم شده و در نتیجه کاهش حجم پیدا کرده است به‌طوری که میزان حجم بتن کاسته شدهٔ (S) برابر با فاصله‌ای است که از لبهٔ محفظهٔ A تا سطح بتن متراکم شده در نظر گرفته می‌شود. اگر چه میزان کاهش حجم بتن (S) در مورد بتن سفت 12/4-8/2cm است اما در مورد بتن روان 8/1-3/9cm می‌باشد که در این صورت می‌توان چنین استنباط کرد که هر چه بتن سفت‌تر باشد، به همان نسبت میزان کاهش حجم بتن (S) در اثر تراکم بیشتر می‌شود.



همانطور که در تصویر مشاهده می‌کنید، بتن تازه در قالب ریخته می‌شود.

اما آیا بتن تازه قبل از ریختن در قالب متراکم می‌شود؟ — خیر

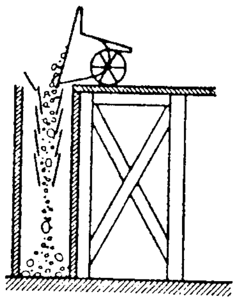
بتن تازه بعد از ریختن در قالب متراکم می‌شود به عبارتی دیگر عمل تراکم بتن بعد از .... انجام می‌شود زیرا در — بتن‌ریزی

هنگام .... نیز مجدداً مقداری هوا وارد بتن تازه می‌شود — بتن‌ریزی

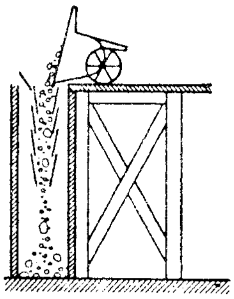
که باید بعد از .... هوای داخل بتن خارج گردد تا در — بتن‌ریزی

این صورت بتن با میزان تخلخل کمی به‌دست آمده و سخت شود.

اگر چه بیشتر قالبها اغلب از چوب ساخته می‌شوند اما از قالبهای فولادی نیز استفاده می‌شود.



در اینجا نیز بتن تازه در ریخته می‌شود.	قالب
از آنجایی که قابل برداشت می‌باشد، هنگامی که	قالب
بتن تازه پس از بتن‌ریزی سخت می‌شود، را می‌توان	قالب
برداشت. در واقع بازکردن باید زمانی انجام شود که	قالب
بتن به یک مجموعهٔ یکدست سخت تبدیل شده باشد.	



در تصویر بالا بتن تازه در قالب ریخته می‌شود. بدین ترتیب که مخلوط بتن که به‌صورت یک مادهٔ خمیری شکل می‌باشد، در قالب ریخته شده و شکل قالب را به خود می‌گیرد.

عمل بتن‌ریزی باید تا ۴۵ دقیقه بعد از تولید بتن انجام شود در غیر این‌صورت بتن سفت می‌شود و در نتیجه کارکردن با بتن سفت شده، سخت و دشوار می‌گردد.

بتن تازه پس از عمل بتن‌ریزی در قالب متراکم می‌شود و تا زمانی که بتن تازه به یک مجموعهٔ یکدست سخت تبدیل شود، در قالب باقی می‌ماند. سپس قالب را باید از بتن سخت شده جدا کرده و باز شود.

البته لازم به ذکر است که به‌منظور شل و یا سفت کردن بتن

فقط باید میزان سنگدانه‌ها را تغییر داد و به هیچ وجه نباید به بتن آب اضافه شود.	
چوب و فولاد مصالحی هستند که معمولاً برای قالب‌بندی به کار می‌روند. باید از مقاومت و استحکام کافی برخوردار باشد به‌طوری که آنچنان محکم باشد که بتواند بتن تازه را در مدتی که بتن به یک مجموعهٔ یکدست سخت تبدیل می‌شود، محافظت کند. همچنین باید طوری دَرزبند باشد که مانع از فرار شیرهٔ بتن شود. به‌طور کلی فاصلهٔ زمانی ما بین تولید بتن تازه تا زمان بتن‌ریزی نباید طولانی باشد به‌طوری که این مدت باید از زمان شروع گیرش بتن شود.	قالب قالب کمتر
به‌طور کلی مصالح باید در مخلوط کن به‌طور یکنواخت پخش شود تا بتن تازه از همگنی و یکنواختی برخوردار باشد. اگر چه بتن تازه در هنگام خروج از مخلوط کن نباید همگنی و چسبندگی خود را از دست بدهد، همچنین باید از غلظت و روانی مناسبی نیز برخوردار باشد به گونه‌ای که بتوان آن را متراکم کرد. بدین ترتیب بتن تازه که از مخلوط کن تخلیه می‌گردد، در قالب ریخته می‌شود و عمل برداشت قالب که به آن «قالب‌برداری» می‌گویند موقعی انجام می‌شود که بتن تازه به اندازهٔ کافی سخت شده باشد.	

در مدت زمانی که بتن تازه خودش را می‌گیرد و در واقع مقاومت خود را به دست می‌آورد، قالب باید بتن تازه را حفظ کند. به عبارتی دیگر قالب باید تا زمانی در محل خود باقی بماند که بتن تازه به اندازهٔ کافی خودش را گرفته و سخت شده باشد به‌طوری که بدون اینکه صدمه ببیند، بتواند تنش‌های ناشی از را تحمل کند. علاوه بر اینکه در صورت بروز خطر یخبندان مقاومت بتن باید به حدی رسیده باشد که بدون اینکه آسیب ببیند، یخبندان را نیز تحمل نماید.	قالب‌برداری
برای اینکه بتن به مقاومت مناسبی برای قالب‌برداری برسد، مدت زمانی لازم دارد که به آن «مدت قالب‌برداری» می‌گویند. به‌طور کلی مدت قالب‌برداری به عوامل مختلفی از جمله نوع سیمان، مقاومت بتن، درجهٔ حرارت بتن در موقع بتن‌ریزی، درجهٔ حرارت محیط، ابعاد مقطع عرضی قطعات بتنی و حتی میزان عایق بودن قالب نیز بستگی دارد.	
بنابراین مدت زمان لازم برای اینکه بتن به مقاومت مناسبی برای قالب‌برداری برسد، می‌گویند که به عوامل مختلفی مانند نوع ، بتن، بتن در موقع بتن‌ریزی، محیط، ابعاد مقطع عرضی قطعات بتنی و میزان قالب بستگی دارد. به‌طور کلی برای بتن‌هایی با حجم زیاد در هوای سرد می‌یابد.	مدت قالب‌برداری سیمان ـ مقاومت ـ درجهٔ حرارت ـ درجهٔ حرارت ـ عایق بودن ـ مدت قالب‌برداری ـ افزایش

«قالب بتن»

بتن تازه پس از خروج از مخلوط کن در قالب‌های از پیش
آماده شده ریخته شده و به شکل مطلوب در آورده می‌شود. این
بدان معناست که قطعهٔ بتنی با استفاده از   به‌صورت | قالب
دلخواه به دست می‌آید.

«قالب» سازه‌ای است که به‌طور موقتی از آن استفاده می‌شود
و یکی از وظایفش تحمل   بتن می‌باشد. چه‌در هنگام | وزن
بتن‌ریزی و چه در موقع گرفتن بتن تا زمانی که بتن | مقاومت
لازم را کسب نماید باید قالب در مقابل بارهای وارده مقاوم
باشد. اگر چه در مورد کارهای ساختمانی کوچک که قطعهٔ بتنی
تحت خمش قرار نمی‌گیرد قالب را موقعی باز می‌کنند که بتن
بتواند   خود را تحمل نماید اما در صورتی که بتن باید در | وزن
برابر فشارخاک و یا آب‌مانندسدهامقاومت‌کند. قالبها تا هنگامی
که بتن   خود را کسب نماید، باقی می‌مانند. | مقاومت نهایی
قالب باید بتن را در برابر هرگونه صدمهٔ مکانیکی نیز محافظت
نماید و در ضمن بایستی طوری ساخته شود که بدون صدمه
زدن به بتن از آن جدا شده و باز شود و حتی قالب باید در مقابل
فشارهای ناشی از تراکم بتن نیز از مقاومت کافی برخوردار بوده
و در برابر سرما و گرمای محیط   خوبی برای بتن باشد. | عایق
چون بتن تازه در اثر تبخیر آب خود را از دست می‌دهد که در
این صورت منجر به تشکیل ترک‌های سطحی در بتن می‌گردد،
به‌همین‌علت قالب بایستی از کم‌شدن   بتن جلوگیری | رطوبت
کند. از آنجایی که قالب‌های چوبی قسمتی از آب بتن را به خود
جذب می‌کنند، به همین علت حتی هنگامی که قالبها هنوز باز
نشده‌اند نیز باید به منظور خیس نگهداشتن قالب‌ها به آنها آب

پاشیده شود. به‌طور کلی قالب‌هایی که از چوب ساخته می‌شوند، نسبت به رطوبت حساس می‌باشند به‌طوری که میزان تغییر شکل قالب به مدت زمان اعمال بار بستگی دارد و اینکه از قالب چندبار استفاده شود.	رطوبت

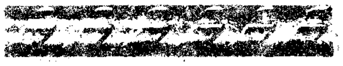
با توجه به اینکه میزان نسبت آب به سیمان مخلوط عامل تعیین‌کنندهٔ میزان تخلخل سیمان سخت شده می‌باشد و مقاومت سیمان سخت‌شده نیز مستقیماً به ساختمان خمیر سیمان بستگی دارد، در این‌صورت نسبت آب به سیمان مخلوط از جمله عوامل مهمی است که بر روی مقاومت بتن تاثیر می‌گذارد به‌طوری که در صورت کاهش نسبت آب به سیمان، مقاومت .... می‌یابد زیرا در صورت افزایش آب به سیمان، تعداد و اندازهٔ حفرات‌خالی در بتن سخت‌شده .... می‌گردد. همچنین کیفیت سنگدانه‌ها (از نظر دانه‌بندی، بافت سطحی، شکل، مقاومت و سختی) نیز در مقاومت بتن تاثیر چشمگیری دارد به‌طوری که بافت زبرتر و خشن‌تر باعث چسبندگی .... سنگدانه‌ها و خمیر سیمان می‌شود.	افزایش بیشتر بیشتر
بدین‌ترتیب عوامل‌موثر در مقاومت بتن شامل‌نسبت .... به ....، .... بتن، ....، کیفیت سنگدانه، و .... سنگدانه می‌باشد. اگر چه مقاومت بتن با توجه به انواع آن به مقاومت فشاری، مقاومت کششی و مقاومت خمشی تقسیم‌بندی می‌شود. اما مقاومت فشاری بتن از اهمیت بیشتری برخوردار است و در واقع هنگامی که دربارهٔ مقاومت بتن صحبت می‌شود، منظور همان مقاومت فشاری بتن می‌باشد. زیرا مقاومت کششی بتن را به علت پایین بودن زیاد در نظر نمی‌گیرند. مقاومت فشاری بتن در واقع همان مقاومت فشاری ۲۸ روزهٔ بتن (حداقل مقاومت بتن از ۲۸ روز) به ضخامت ۲۰cm پس از بتن‌ریزی می‌باشد.	آب سیمان ـ سن ـ درجهٔ حرارت ـ اندازه

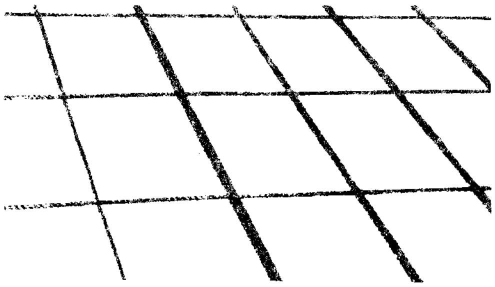
خصوصیات سیمان از جمله ترکیبات شیمیایی و یا ریزی دانه‌های سیمان بر روی مقاومت بتن اثر می‌گذارد به‌طوری‌که افزایش ریزی دانه‌ها و افزایش مقدار سیمان باعث تسریع فرآیند هیدراتاسیون می‌شود. به‌طوری که هر چه پیشرفت فرآیند هیدراتاسیون سریع‌تر انجام شود، میزان مقاومت بتن نیز با سرعت بیشتری افزایش می‌یابد.

تاثیر ترکیبات شیمیایی مانند وجود SiO_2CaO در سیمان نیز تا حدود زیادی باعث افزایش یافتن مقاومت بتن می‌شود.

بعضی از مواد باعث تسریع گیرش و بعضی دیگر سبب تاخیر گیرش می‌شوند به‌طوری که تسریع گیرش و یا تاخیر گیرش در ...... بتن تاثیر می‌گذارد اگر چه مقاومت دراز مدت بتن تغییری نمی‌کند و در واقع ...... بتن ثابت خواهد ماند.	مقاومت اولیه مقاومت نهایی
از جمله اضافه‌کردن بعضی از افزودنی‌ها مانند کلرور کلسیم ($CaCl_2$) در مرحلهٔ مخلوط کردن به بتن باعث تسریع سخت شدن بتن شده و ...... بتن را بالا می‌برد که به آنها «تسریع کننده» می‌گویند. به‌طور کلی از تسریع کننده‌ها در هنگام بتن‌ریزی در هوای ...... استفاده می‌شود.	مقاومت اولیه سرد
بنابراین تسریع کننده‌ها، افزودنی‌هایی هستند که سخت شدن بتن را تسریع کرده و سرعت مقاومت اولیه بتن را ...... می‌کنند در حالی‌که افزودنی‌هایی نظیر شکر وجود دارند که گیرش بتن را به تاخیر می‌اندازند که به آنها «کندگیر کننده‌ها» می‌گویند. کندگیر کننده‌ها سرعت مقاومت اولیه بتن را ...... می‌دهند اما در مقاومت دراز مدت بتن تاثیر چندانی ندارند.	بیشتر کاهش

کندگیر کننده‌ها برای بتن‌ریزی در هوای کاربرد دارند.	گرم
بدین ترتیب مصرف افزودنی‌های شیمیایی که بر روی خواص بتن تاثیر می‌گذارند نظیر سرعت مقاومت اولیه بتن را کاهش می‌دهد در حالی که با به‌کار بردن افزودنی‌هایی مانند مقاومت اولیه بتن افزایش می‌یابد.	کندگیر کننده‌ها تسریع کننده‌ها
همچنین علاوه بر استفاده از تسریع کننده‌ها می‌توان با به‌کار بردن بعضی از انواع سیمانها مانند ، نسبت آب به سیمان، مقدار سیمان و عمل آوردن بتن در دماهای بالاتر سرعت مقاومت اولیه بتن را افزایش داد.	سیمان‌زود سخت شونده-کاهش-افزایش
بدین ترتیب تسریع کننده‌ها و کندگیر کننده‌ها از انواع افزودنی‌های شیمیایی هستند که در مرحلهٔ مخلوط کردن به بتن اضافه می‌شوند. از آنجایی که برای بتن‌ریزی در هوای گرم و بتن‌ریزی‌های حجیم به سیمانی با گرمای هیدراتاسیون کم احتیاج است، به‌همین‌علت از استفاده می‌شود درحالی‌که‌چون‌برای‌بتن‌ریزی در هوای‌سردبه‌سیمانی با خاصیت افزایش گرمای هیدراتاسیون سریع نیاز می‌باشد، مورد مصرف قرار می‌گیرند.	کندگیر کننده‌ها تسریع‌کننده‌ها

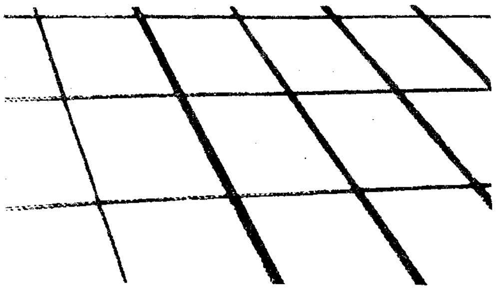


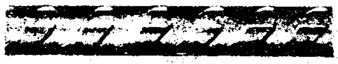


اگر چه بتن دارای مقاومت فشاری زیادی می‌باشد اما در صورتی که تیرهای بتنی فقط از بتن ساخته می‌شوند، مقاومت کمی در مقابل تنش‌های کششی دارند که به همین علت به منظور افزایش مقاومت کششی بتن از تقویت کننده‌های فولادی مانند میلگرد (A) و یا آرماتورهای فولادی که در اینجا به شکل شبکه (B) می‌باشد، استفاده می‌شود.

بدین ترتیب وجود آرماتورهای فولادی در بتن مسلح، میزان مقاومت کششی بتن را تا حد زیادی افزایش می‌دهد.

با قرار گرفتن آرماتورهای فولادی در دیوارهای بتنی و تیرهای بتنی بین فولاد و بتن پیوستگی مناسبی ایجاد می‌شود به‌طوری‌که با مسلح کردن بتن بتن در مقابل بارهای وارده تا حد زیادی افزایش می‌یابد.	مقاومت کششی





به علت قرارگرفتن آرماتورهای فولادی در ، میزان مقاومت کششی در مقابل بارهای وارده افزایش می‌یابد و در نتیجه از ترکیدن بتن جلوگیری می‌شود.	بتن مسلح
همانطورکه می‌دانید وجود افزودنی‌های شیمیایی در کیفیت بتن تاثیر می‌گذارد. اضافه نمودن افزودنی‌های تسریع کننده علاوه بر آنکه سخت شدگی بتن را می‌کند، همچنین مقاومت اولیه بتن را نیز می‌دهد در حالی‌که افزودنی‌های کندگیر کننده سخت شدن بتن را کرده و مقاومت اولیه بتن را نیز می‌دهد.	تسریع افزایش کُند کاهش
یکی دیگر از عواملی که در خصوصیات بتن اثر می‌گذارد، جلوگیری از تبخیر آب در سطح بتن می‌باشد چون در بتن‌ریزی‌هایی که حجمشان زیاد است، به علت افزایش گرمایی که در اثر فرآیند هیدراتاسیون به وجود می‌آید، ترکهایی در بتن ظاهر می‌گردد که به همین علت جلوگیری از تبخیر آب از سطح بتن ضرورت دارد. علاوه بر این عمل آوردن بتن در صورتی که	

دما بالا باشد و یا در هوای خشک باعث افزایش سرعت تبخیر آب در بتن می‌شود که در نتیجه سرعت انقباض بتن در اثر خشک شدن بیشتر می‌شود به‌طوری که ترکهایی در بتن سخت شده به وجود می‌آید.	
همچنین شکل و بافت سطحی سنگدانه نیز در کیفیت بتن تازه و سخت شده تاثیر دارد به‌طوری که سنگدانه‌های سوزنی و پولکی باعث .... شدن کارآیی مخلوط بتن می‌شوند. بافت زبرتر و خشن‌تر دانه‌های سنگی نیز میزان چسبندگی بین خمیر سیمان و سنگدانه‌ها را .... داده و در نتیجه در مقاومت بتن تاثیر قابل ملاحظه‌ای می‌گذارد.	کم افزایش
بدین ترتیب وجود .... ، جلوگیری از .... در سطح بتن، .... ، مقدار سیمان و حتی میزان تراکم از جمله عواملی هستند که در خصوصیات بتن تاثیر می‌گذارند.	افزودنی‌های شیمیایی - تبخیر آب - شکل و بافت سطحی سنگدانه - دانه‌بندی سنگدانه‌ها
به طور کلی در مواردی مانند ساختمانهای بتنی بلند که کاهش وزن حجمی بتن مورد نظر می‌باشد، به جای بتن‌های ساخته شده با سنگدانه‌های معمولی از بتن‌هایی با سنگدانه‌های سبک و متخلخل که وزن مخصوص ظاهریشان کمتر است، استفاده می‌شود. همچنین بتن‌هایی که به عنوان «بتن سبک» شناخته می‌شوند، دارای مشخصات ویژه‌ای نظیر وزن حجمی کمتر، مقاومت بیشتر، قابلیت انتقال حرارت پایین و قیمت کمتر می‌باشند که آنها را از بتن معمولی متمایز می‌سازد.	

«بتن‌ریزی در هوای سرد»

چون به علت وجود آب در بتن تازه خطر یخ‌زدن آب بتن وجود دارد، در این‌صورت باید از بتن در مقابل یخ‌زدن محافظت شود. در صورتی که دمای بتن تازه به زیر نقطهٔ انجماد برسد، آب اختلاط در بتن تازه یخ می‌بندند. در نتیجه حجم کلی بتنی که هنوز سخت نشده است در اثر یخ‌زدگی آب اختلاط افزایش می‌یابد و به علت فقدان آب برای انجام فرآیند هیدراتاسیون، گیرش و سخت‌شدن بتن به تاخیر می‌افتد. حتی انبساط حاصل از یخ بستن آب اختلاط می‌تواند باعث شکستن و خرد شدن خمیر سیمان شده و منجر به تخریب بتن شود. در واقع چون خمیر سیمان شامل سیستمی از حفرات مؤئینه می‌باشد به‌طوری‌که ادامهٔ فعل و انفعالات شیمیایی سیمان بستگی به آن دارد که در حفرات موئینه آب کافی وجود داشته باشد، پس عواملی نظیر یخ زدن می‌تواند باعث آسیب‌پذیری بتن شود.

به‌طور کلی یکی از اقدامات موثر برای جلوگیری از یخ زدن بتن اینست که بتن به خوبی متراکم شود. همانطور که می‌دانید
تراکم بتن تازه باعث می‌شود تا بتن دارای تخلخل .... شود | کمتر
که‌در این‌صورت وزن‌مخصوص‌بتن .... شده و مقاومت | بیشتر
بتن .... می‌یابد. | افزایش
از جمله عوامل دیگری که باعث .... مقاومت بتن در | افزایش
مقابل یخ زدن می‌شود، مصرف مواد حباب‌زا در بتن می‌باشد. بدین ترتیب در صورتی که در بتن هیدراتاسیون به‌طور کامل انجام شود، همچنین بتن به خوبی متراکم شده و میزان نسبت
آب به سیمان نیز .... باشد، با مصرف مواد افزودنی به | پایین
منظور حباب‌زایی، بتن در برابر یخبندان مقاوم خواهد بود.

انواع بتن

متن A

انواع گوناگون بتن با توجه به مقدار نسبت سیمان مصرفی موارد کاربردهای مختلفی دارند به‌طور مثال میزان نسبت سیمان به سنگدانه در «بتن مگر» یا «بتن لاغر» در مقایسه با بتن معمولی کمتر است. علت کاربرد بتن مگر که به عنوان اولین قشر پی‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد برای آنست که اولاً بتن اصلی با خاک مستقیماً تماس نداشته باشد و در ثانی سطح کف پی نیز توسط بتن مگر رگلاژ شود تا سطحی که زیر بتن اصلی پی قرار می‌گیرد صاف باشد.

همچنین انواع بتن با توجه به جنس سنگدانه‌هایشان وزن مخصوص مختلفی دارند. مانند «بتن سبک» که اگر چه به روش بتن معمولی ساخته می‌شود اما سنگدانه‌هایش از جنس دانه‌های متخلخل و سبکی مانند «پامیس» و یا پوکهٔ معدنی می‌تواند باشد. چون وزن مخصوص سنگدانه‌ها در بتن سبک در مقایسه با بتن معمولی کمتر است به‌طوری که وزن مخصوص بتن سبک از $\frac{1}{2}$ تا $\frac{1}{3}$ وزن مخصوص بتن معمولی می‌باشد، به‌همین علت از بتن سبک برای پر کردن فضای خالی که بار بر روی آن وارد نمی‌شود و یا موارد دیگر استفاده می‌گردد. در حالی که در «بتن سنگین» به جای شن و ماسه از خرده سنگهای آهن، فولاد، چدن و یا حتی سولفات باریم استفاده می‌شود و بدین ترتیب به علت بالا بودن وزن مخصوص سنگدانه‌ها، بتن سنگین در ساختن راکتورهای اتمی به کار می‌رود. از آنجایی که روش‌های مختلفی برای بتن‌ریزی وجود دارد به همین علت در اینجا به «بتن‌های با سنگدانه‌های پیش آکنده» و یا «بتن پمپی» نیز اشاره می‌شود. «بتن پیش آکنده» در مکان‌هایی که به آسانی قابل دسترسی نیستند نیز استفاده می‌شود بدین ترتیب که سنگدانه‌های درشت را در قالب ریخته و پس از تراکم، فضاهای خالی بین سنگدانه‌ها با ملات پر می‌شود. «بتن پیش آکنده» حتی برای بتن‌ریزی در زیر آب نیز کاربرد دارد. اگر چه در صورتی که حجم بتن زیاد باشد از «بتن پمپی» که از روانی خوبی برخوردار می‌باشد، نیز استفاده می‌شود. انتقال بتن پمپی توسط پمپ انجام می‌شود و در هنگام پمپ کردن بتن متراکم نیز می‌گردد.

سنگدانه‌ها در بتن

اگر چه جنس سنگدانه‌ها در میزان مقاومت و دوام بتن تاثیر دارد، شکل و بافت سنگدانه‌ها و حتی اندازهٔ دانه‌های سنگی نیز در خصوصیات بتن تازه و سخت شده اثر می‌گذارد. به طور مثال مصرف ماسهٔ ریزتر در مخلوط بتن نیز یکی از عواملی است که باعث افزایش کارآیی بتن می‌شود به‌طوری که حتی در صورت استفاده از ملات برای آجرچینی و یا پرداخت توسط ماله که باید کارآیی بتن بیشتر باشد نیز ماسهٔ ریزتر کاربرد پیدا می‌کند و یا هنگامی که باید پرداخت بتن با دست صورت بگیرد و یا حتی برای بهتر شدن نمای ساختمان از ماسهٔ ریزتر استفاده می‌شود در حالی که اگر بخواهیم بتن‌ریزی آسانتر انجام شود و یا حجم کار بتنی بیشتر باشد از ماسهٔ درشت‌تر استفاده می‌شود.

انواع بتن
متن B

همانطور که می‌دانید اصطلاحاتی مانند بتن پمپی، بتن تازه، بتن سخت شده و یا بتن مسلح (بتن آرمه) مفاهیم متفاوتی دارند. به‌طور مثال بتن پمپی با توجه به روش بتن‌ریزی نامگذاری شده است در حالی که «بتن تازه» باگذشت زمان در اثر فرآیند شیمیایی سفت و سخت می‌شود و بدین ترتیب به «بتن سخت شده» تبدیل می‌گردد. اما نکته قابل توجه اینست که اگر چه ظاهراً خصوصیات بتن تازه با بتن سخت شده تفاوت دارد اما خصوصیات بتن تازه از نظر میزان مقاومت و درجهٔ تراکم در خواص بتن سخت شده تاثیر می‌گذارد که البته درجهٔ تراکم بتن تازه نیز به کارآیی و روانی بتن بستگی دارد.

به‌عبارتی دیگر خواص بتن سخت شده از نظر مقاومت به میزان روانی، کارآیی و حتی درجهٔ تراکم بتن تازه بستگی دارد به‌طوری که هر چه میزان کارآیی بتن تازه بیشتر باشد، تراکم بهتر انجام می‌شود و در نتیجه میزان مقاومت با کاهش تخلخل در بتن افزایش می‌یابد.

اگر چه بتن سخت شده به تنهایی مقاومت فشاری زیادی دارد اما دارای مقاومت کششی کمی می‌باشد که به همین دلیل از «بتن مسلح» (بتن آرمه) به منظور افزایش مقاومت کششی بتن استفاده می‌شود به‌طوری که با قرار دادن تقویت کننده‌های فولادی مانند آرماتورهای فولادی در بتن میزان تحمل مقاومت کششی بتن نیز افزایش می‌یابد. حال اگر انواع بتن از نظر وزن مخصوصی که دارند دسته‌بندی شوند، در این صورت انواع بتن به «بتن معمولی»، «بتن سبک» و «بتن سنگین» تقسیم‌بندی می‌شوند. «بتن معمولی» که با سیمان‌های پرتلند معمولی نوع (I) تا (V) ساخته می‌شود، از اختلاط ماسه، شن، سیمان و آب تشکیل می‌گردد به‌طوری که با گذشت زمان، بتن مقاومت بیشتری کسب می‌کند. مقاومت ۲۸ روزهٔ بتن بر حسب Kg/cm^2 می‌باشد و بر حسب ترکیبات و کیفیت مواد خامی که در ساخت بتن تازه به کار می‌رود، مقاومت فشاری بتن از ۵ تا $100 N/mm^2$ می‌رسد که بر این اساس با توجه به آئین‌نامهٔ بتن آرمهٔ آلمان در انواع بتن‌های B_{55}, B_{45}, B_{35}, B_{25}, B_{15}, B_{10}, B_5 مشخص شده‌اند.

چون در ساخت «بتن سبک» از سنگدانه‌های سبک استفاده می‌شود به‌طوری که وزن مخصوص بتن سبک به مراتب کمتر از وزن مخصوص بتن معمولی می‌باشد، به همین

علت وزن مخصوص بتن سبک کمتر از $1900 Kg/m^3$ می‌باشد در حالی که به علت استفاده از خرده‌های فولاد، چدن و سولفات باریم به جای شن و ماسه، وزن مخصوص بتن سنگین به میزان بیشتر از $2700 Kg/m^3$ می‌رسد.

حال در صورتی که بتن‌های معمولی نیازهای ما را برآورده نسازند، از بتن‌های مخصوص نیز استفاده می‌شود.

کدامیک از اطلاعات زیر در متن (A) و یا در متن (B) وجود دارد.

۱. انواع بتن بر حسب جنس سنگدانه‌هایشان وزن مخصوص مختلفی دارند مانند بتن دانه سبک که به روش بتن معمولی ساخته می‌شود اما سنگدانه هایش از جنس دانه‌های متخلخل و سبک می‌باشد.

۲. میزان مقاومت بتن با کاهش تخلخل افزایش پیدا می‌کند.

۳. در بتن سنگین به جای ماسه و شن از خرده سنگهای فولاد، آهن، چدن و سولفات باریم استفاده می‌شود.

۴. روش‌های مختلفی برای بتن‌ریزی وجود دارد که از جمله بتن پمپی را نیز می‌توان نام برد.

۵. با اینکه خصوصیات ظاهری بتن تازه با بتن سخت شده تفاوت دارد اما خصوصیات بتن تازه از نظر میزان مقاومت و درجهٔ تراکم در خواص بتن سخت شده تاثیر می‌گذارد.

۶. وزن مخصوص بتن سبک از وزن مخصوص بتن معمولی کمتر است.

۷. بتن تازه با گذشت زمان در اثر فرآیند شیمیایی سفت و سخت می‌شود.

۸. در صورتی که حجم کار بتنی زیاد باشد از بتن پمپی استفاده می‌شود.

۹. شکل و بافت و اندازهٔ سنگدانه‌ها در خواص بتن تازه و سخت شده تاثیر دارد.

۱۰. بتن از نظر وزن مخصوص به انواع بتن معمولی، بتن سبک و بتن سنگین طبقه‌بندی می‌شود.

- اطلاعات شماره‌های ۱ و ۴ و ۵ و ۸ و ۹ در متن A وجود دارند.
- اطلاعات شماره‌های ۲ و ۳ و ۶ و ۷ و ۱۰ در متن B وجود دارند.

«محافظت آرماتورها از خوردگی»

در صورتی که آرماتورهای فولادی در بتن مسلح پس از بسته‌شدن مدتی طولانی بدون پوشش بتنی در معرض هوا قرار گیرند، دچار زنگ‌زدگی خواهند شد که به همین علت باید از خوردگی آرماتورهای فولادی محافظت شود به‌طور مثال با پاشیدن دوغاب سیمان بر روی آرماتورها می‌توان از خوردگی آرماتورها جلوگیری کرد. همچنین اگر رطوبت و اکسیژن هوا به داخل بتن نفوذ کند، فولاد زنگ می‌زند به‌طوری که زنگ آهن باعث افزایش حجم فولاد می‌شود و فشارهای ناشی از انبساط سبب گسیختگی و خرد شدن بتن می‌گردد. به‌طور کلی بتن پوششی روی آرماتورها، باعث می‌شود که آرماتورهای فولادی در مقابل رطوبت هوا نفوذناپذیر شوند و خطر خوردگی از بین برود. البته در صورتی که بتن دائماً خشک باشد و رطوبت وجود نداشته باشد، خطر خوردگی آرماتورها وجود ندارد. حتی وجود کلرورها در بتن خشک نیز باعث خوردگی آرماتور نمی‌شود اما در صورتی که اکسیژن هوا و آب وجود داشته باشد، یون کلر باعث خوردگی آرماتورها می‌شود که به همین دلیل نیز برای جلوگیری از خطر خوردگی به منظور تسریع گیرش سیمان به‌طور مثال به جای کلرورکلسیم از افزودنی‌های بدون کلر مانند فرمات کلسیم نیز استفاده می‌شود.

در بتن مسلح میزان مقدار مواد سیمانی از ۲۴۰Kg/m^3 و نسبت آب آزاد به مواد سیمانی نیز از ۰/۷۵ نباید تجاوز کند.

به منظور افزایش مقاومت بتن مسلح در برابر خوردگی باید به میزان حداقل مقدار مواد سیمانی و حداکثر نسبت آب آزاد به مواد سیمانی توجه شود و همچنین مقدار ضخامت بتن پوششی روی آرماتور با توجه به شرایط آب و هوای محیط و قطر آرماتور تعیین شود.

فصل چهارم

فلزات ساختمانی

«انواع آهن»

اگر چه آهن به عنوان مهمترین فلز صنعتی در جهان شناخته می‌شود و در ساختمان سازی کاربرد زیادی دارد اما این عنصر به علت میل ترکیبی زیادی که با اکسیژن دارد به صورت خالص قابل استخراج نیست و مصرف ساختمانی ندارد و چون آهن به‌صورت عنصر خالص در صنعت ساختمانی مورد مصرف قرار نمی‌گیرد، به منظور قابل استفاده شدن آهن در صنعت و ساختمان از آن آلیاژهایی تهیه می‌شود از جمله فولاد که آلیاژی است از آهن و کربن و یا همچنین آلیاژهایی که از کربن و عناصر فلزی مانند منگنز، مس، نیکل، کُرُم و ولفرام و دیگر عناصر درست می‌شود.

آهن در طبیعت دارای نا خالصی‌های زیادی می‌باشد و از آنجائی که وجود عناصر ناخالص در آهن می‌تواند در استحکام، مقاومت ضربه‌ای و خواص مکانیکی آن تأثیر بگذارد، به همین علت باید پس از استخراج، ناخالصی‌ها و عناصر نامطلوب از کانی‌های آهن مانند هماتیت Fe_2o_3 جدا شوند.

وجود بعضی از عناصر در آهن مطلوب ولی بعضی دیگر از عناصر نامطلوب هستند. عناصر فلزی مانند کربن، سیلیسیم، فسفر و گوگرد نیز می‌تواند روی خواص آهن تأثیر بگذارد و باعث ایجاد خاصیت‌های مختلفی در آهن شود مانند سیلیسیم که میزان مقاومت کششی و سختی فولاد را افزایش می‌دهد و یا فسفر که باعث ترد و شکننده شدن فولاد می‌شود.

آهن خام که از کورهٔ بلند بدست می‌آید دارای مقدار زیادی از عناصر ناخالصی مانند کربن، گوگرد، سیلیسیم، منگنز و دیگر عناصر می‌باشد. آهن خام شکنندگی دارد به‌طوری که در مقابل حرارت ذوب می‌شود و بدون اینکه حالت خمیری داشته باشد، روان می‌شود که به همین علت خاصیت چکش خواری ندارد و در صنعت ساختمان مورد مصرف قرار نمی‌گیرد مگر آنکه با اضافه کردن عناصری خاص به آن، به فولاد و یا چدن تبدیل شود.

کربن که به عنوان اصلی‌ترین عنصر آلیاژی در فولاد محسوب می‌شود، تأثیر زیادی روی خواص فولاد می‌گذارد به‌طوری که افزایش کربن بیشتر از حد مورد لزوم باعث ترد

و شکنندگی فولاد می‌شود در حالی که کاهش آن باعث افزایش خاصیت چکش خواری در فولاد می‌گردد.

«آهن خام»

آهن خام که از کورهٔ آهنگدازی بلند بیرون می‌آید، اکثراً به‌صورت آهن خام سفید، آهن خام خاکستری و آهن خام نیمه خاکستری می‌باشد.

آهن خام سفید

آهن در آهن خام سفید در حالت ترکیب وجود دارد و دارای مقدار کمی سیلیس می‌باشد. آهن خام سفید نقره‌ای رنگ است و خاصیت سختی و شکنندگی دارد. در حرارت ۱۱۰۰°c ذوب می‌شود و جزو مهمترین محصولاتی است که در فولاد سازی مصرف می‌شود.

آهن خام خاکستری

کربن را از آهن خام خاکستری می‌توانند به‌صورت گرافیت در آورند. سیلیسیم زیادی دارد. رنگش خاکستری و جنس آن نرم‌تر از آهن خام سفید می‌باشد. خاصیت تردی و شکنندگی ندارد و در حرارت ۱۲۰۰°c ذوب می‌شود. آهن خام خاکستری برای چدن‌سازی مورد مصرف قرار می‌گیرد.

ـ با توجه به متن «انواع آهن» جاهای خالی را در متن زیر پر کنید:

اگر چه آهن به‌عنوان مهمترین فلز صنعتی در جهان شناخته می‌شود و در ساختمان‌سازی کاربرد زیادی دارد اما این عنصر به‌علت میل‌ترکیبی زیادی که با دارد، به صورت خالص قابل استخراج نیست و مصرف ساختمانی ندارد و چون آهن به‌صورت عنصر خالص در صنعت ساختمان مورد مصرف قرار نمی‌گیرد، به منظور قابل استفاده‌شدن آهن در صنعت و ساختمان از آن تهیه می‌شود از جمله فولاد که است. از آهن و کربن و یا همچنین که از کربن و عناصر فلزی مانند منگنز، مس، نیکل، کُرُم و ولفرام و دیگر عناصر درست می‌شود.

آهن در طبیعت دارای زیادی می‌باشد و از آنجایی که وجود در آهن می‌تواند در استحکام، مقاومت ضربه‌ای و خواص مکانیکی آن تاثیر بگذارد، به همین علت باید پس از استخراج، و عناصر نامطلوب از کانی‌های آهن مانند هماتیت Fe_2o_3 جدا می‌شوند.

وجود بعضی از عناصر در آهن مطلوب ولی بعضی دیگر از عناصر نامطلوب هستند. عناصر غیر فلزی مانند کربن، سیلیسیم، فسفر و گوگرد نیز می‌تواند روی خواص آهن تاثیر بگذارد و باعث ایجاد خاصیت‌های مختلفی در آهن شود مانند سیلیسیم که میزان مقاومت کششی و سختی فولاد را افزایش می‌دهد و یا فسفر که باعث ترد و شکننده شدن فولاد می‌شود.

آهن خام که از کورهٔ بلند به‌دست می‌آید دارای مقدار زیادی از عناصر ناخالصی مانند کربن، گوگرد، سیلیسیم، منگنز و دیگر عناصر می‌باشد. آهن خام خاصیت دارد به‌طوری که در مقابل حرارت ذوب می‌شود و بدون اینکه حالت خمیری داشته باشد، روان می‌شود که به همین علت خاصیت ندارد و در صنعت ساختمان مورد مصرف قرار نمی‌گیرد مگر آنکه با اضافه کردن عناصری خاص به آن، به و یا تبدیل شود.

کربن که به عنوان اصلی‌ترین عنصر آلیاژی در فولاد محسوب می‌شود، تاثیر زیادی روی خواص فولاد می‌گذارد به‌طوری که افزایش کربن بیشتر از حد مورد لزوم باعث خاصیت فولاد می‌شود در حالی که کاهش آن باعث افزایش خاصیت

در فولاد می‌گردد.

«آهن خام»

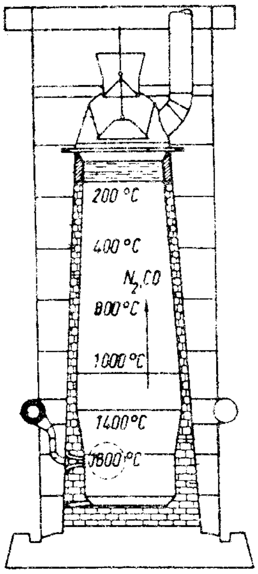
آهن خام که از کورهٔ آهنگدازی بلند بیرون می‌آید، اکثراً به‌صورت آهن خام سفید، آهن خام خاکستری و آهن خام نیمه‌خاکستری می‌باشد.

آهن خام سفید

آهن در آهن خام سفید در حالت ترکیب وجود دارد و دارای مقدار سیلیس می‌باشد. آهن خام سفید نقره‌ای رنگ است و خاصیت دارد. در حرارت ۱۱۰۰°c ذوب می‌شود و جزو مهمترین محصولاتی است که در مصرف می‌شود.

آهن خام خاکستری

کربن را از آهن خام خاکستری می‌توانند به‌صورت گرانیت در آورند. سیلیسیم دارد. رنگش خاکستری و جنس آن از آهن خام سفید می‌باشد. خاصیت ندارد و در حرارت ۱۲۰۰°c ذوب می‌شود. آهن خام خاکستری برای مورد مصرف قرار می‌گیرد.



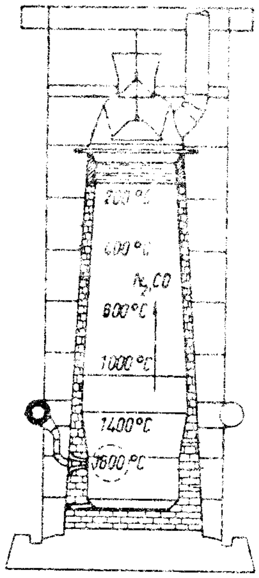
در اینجا تصویر یک‌کورهٔ آهنگدازی بلند نشان‌داده‌می‌شود.

در کورهٔ آهنگدازی بلند که به آن «کورهٔ بلند» نیز گفته می‌شود، با ذوب کردن سنگ آهن به روش گداختن «آهن خام» می‌گیرند و تفالهٔ آهنگدازی نیز به دست می‌آید.

در واقع در کورهٔ بلند از سنگ آهن به وسیلهٔ عمل «احیاء» آهن خام تولید می‌شود.

همچنین تفالهٔ آهنگدازی را «سرباره» نیز می‌نامند.

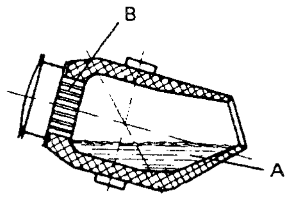
بنابراین با ذوب کردن و .... سنگ آهن در کورهٔ بلند، آهن خام تولید می‌شود بدین ترتیب که در کورهٔ بلند از سنگ آهن، سوخت مانند کُک یا آنتراسیت، گدازآور مانند سنگ آهک و حتی هوا نیز برای تولید آهن خام استفاده می‌شود.	احیاء

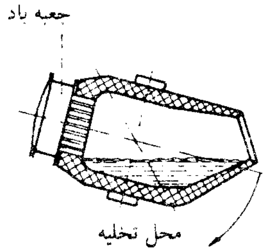


درکورهٔ بلند از   ، سوخت مانند   یا
آنتراسیت، گدازآور مانند سنگ آهک و حتی هوا نیز برای تولید
آهن خام استفاده می‌شود.

درکوره در اثر ترکیب با اکسیژن، حرارت ایجاد
می‌کنـد به‌طوری که گرمای تولیـد شده باعث ذوب‌شدن سنگ
آهن می‌شود. همچنین   که در اثر حرارت می‌سوزد، با
اکسیژن هوا ترکیب‌شده و منواکسیدکربن تولید می‌کند. درنتیجه
Co نیز از سنگ آهن مذاب اکسیژن گرفته و دی‌اکسید تشکیل
می‌دهد. بدین ترتیب   که به‌صورت اکسید آهن
بود اکنون اکسیژن خود را از دست می‌دهد و تبدیل به کربورآهن
Fe_3C می‌شود. در ضمن حرارت کوره   و حتی
سیلیسیم موجود در سنگ آهن را نیز ذوب‌کرده که‌در این حالت

سنگ آهن ـ کُک
کُک
کُک
سنگ آهن
سنگ آهک

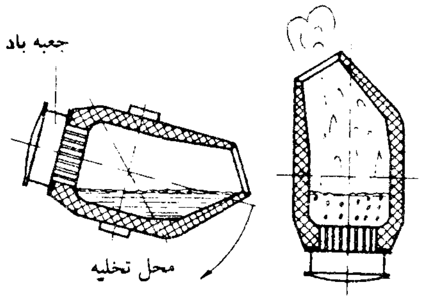
بر اثر گرمای زیاد از .... که به Cao و Co_2 تجزیه شده است، نیز Co_2 متصاعد می‌شود و بدین ترتیب در اثر ترکیب آهن با سیلیس موجود در سنگ آهن، سیلیکات کلسیم تولید می‌گردد که همان .... یا سرباره می‌باشد.	سنگ آهک تفالهٔ آهنگدازی
بدین ترتیب برای تولید آهن خام در کورهٔ بلند به حرارت و مادهٔ احیاء کننده مانند کک نیاز می‌باشد به‌طوری که سوختن کک باعث تولید گاز Co می‌شود و در نتیجه گاز احیاء کنندهٔ Co سبب ذوب و احیاء اکسیدهای آهن می‌شود. بنابراین آهن با جذب کربن به .... مذاب یا کربور آهن تبدیل شده و آهک و سیلیسیم موجود در سنگ آهن نیز تبدیل به .... می‌شوند. به‌طوری که چون .... سبک‌تر از .... مذاب می‌باشد، روی فلز مذاب قرار می‌گیرد که آن را از فلز جدا کرده و در ساختن سیمان آهنگدازی، سیمان پرتلند و یا موارد دیگر مصرف می‌کنند.	آهن خام سرباره ـ سرباره آهن خام
 در اینجا تصویری از یک کورهٔ کنورتور نشان داده می‌شود. برای تولید فولاد از کورهٔ کنورتور نیز استفاده می‌شود. همان‌طور که در تصویر مشاهده می‌شود ابتدا آهن مذاب را در ظرف کنورتور که در حالت افقی قرار گرفته است، می‌ریزند.	



در اینجا تصویری از یک دیده می‌شود. کورهٔ کنورتور

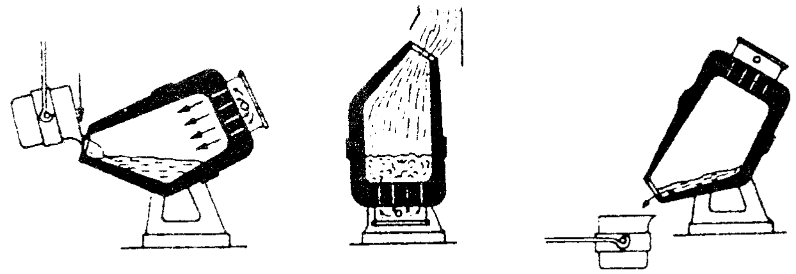
ظرف دارای دو کفه می‌باشد به‌طوری که فضای کنورتور
بین دو کفه به صورت اتاقکی است که به آن «جعبه باد» گفته می‌شود و در واقع در این اتاقک هوا بین کفهٔ فوقانی و کفهٔ تحتانی قرار گرفته است.

در ابتدا ظرف به حول محور افقی به سمت پهلو کنورتور
دوران می‌کند و در حالت افقی با آهن مذاب بارگیری می‌شود.



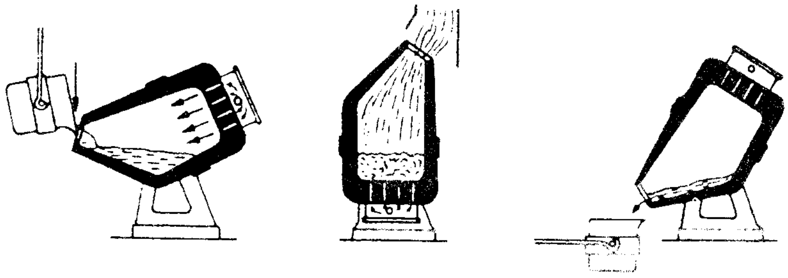
همان‌طور که در تصویر دیده می‌شود، در ابتدا ظرف کنورتور به حول محور افقی به سمت پهلو دوران می‌کند و در حالت افقی با آهن مذاب بارگیری می‌شود سپس ظرف کنورتور

دوباره بر گردانده می‌شود و به حالت قائم قرار می‌گیرد که در این هنگام هوا بافشار ۲/۵ تا ۳ بار از کف ظرف کنورتور به داخل جعبه‌باد دمیده می‌شود. در این حالت اکسیژن با .... موجود در آهن مذاب ترکیب شده و .... تشکیل می‌شود که علاوه بر .... همچنین عنصرهای سیلیسیم و منگنز نیز می‌سوزند. سپس از دهانهٔ ظرف کنورتور گاز خارج می‌شود.	کربن دی اکسید کربن کربن
به‌طور کلی درکوره‌های پخت در اثر پختن آهن خام و دمیدن اکسیژن هوا، کربن اضافی آهن می‌سوزد و با از بین رفتن مواد زائد آهن خام و اضافه کردن عناصر آلیاژ لازم، فولاد تولید می‌شود. بدین ترتیب درکوره‌های ....، فولاد به روش «اکسیداسیون» تولید می‌شود در حالی که با «احیاء» سنگ آهن درکورهٔ ....، آهن خام به‌دست می‌آید.	پخت بلند

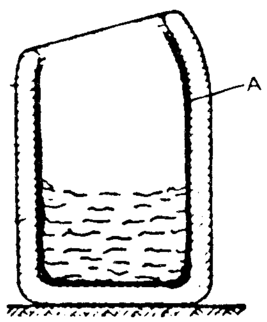


در تصاویر بالا عملیات پخت آهن خام و تبدیل آهن خام به فولاد به روش کورهٔ کنورتور در سه مرحلهٔ پر کردن آهن مذاب در ظرف کنورتور، مرحلهٔ دمش اکسیژن و تخلیهٔ فولاد نشان داده می‌شود بدین ترتیب که پس از بارگیری ظرف کنورتور با آهن

مذاب، هنگامی که اکسیژن با فشار دمیده می‌شود، کربن و عنصرهای سیلیسیم و منگنز می‌سوزند و چون کربن موجود در آهن سفید می‌سوزد، باید به آن دوباره کمی کربن اضافه شود زیرا کربن جزو مهمترین اجزاء فولاد محسوب می‌شود. ...... کربن میزان سختی و استحکام و مقاومت کششی فولاد را بیشتر می‌کند و در صورت ...... کربن، نرمی و خاصیت چکش‌خواری فولاد بیشتر می‌شود. به‌همین علت قبل از خالی کردن آهن خام مذاب به آن آهنی که دارای منگنز و کربن باشد، اضافه می‌کنند تا هم کمبود کربن آن جبران شود و هم اینکه به علت ترکیب منگنز با اکسیژن که باعث تولید سرباره می‌شود، از اکسیدشدن آهن بدون کربن نیز جلوگیری می‌شود.	افزایش کاهش
بنابراین با ...... شدن آهن خام و دمیدن ...... در کورهٔ پخت، مواد زائد آهن مذاب دفع می‌شود و کربن اضافی می‌سوزد که در این‌صورت با اضافه کردن عناصر آلیاژی لازم، فولاد به دست می‌آید. آلیاژهایی که تا ۲ درصد کربن دارند، چکش خوارند و به آنها فولاد گفته می‌شود. در کوره‌های پخت فولاد به روش ...... تولید می‌شود.	پخته ـ هوا اکسیداسیون

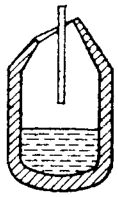
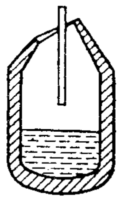


در اینجا روش کورهٔ کنورتور در سه مرحلهٔ پر کردن، دمش
اکسیژن و تخلیهٔ فولاد نشان‌داده می‌شود. بدین‌ترتیب‌که‌پس از بارگیری
ظرف کنورتور با آهن‌مذاب، اکسیژن بافشار ۲/۵تا ۳بار دمیده
می‌شود. به‌طوری‌که در این‌حالت اکسیژن ـکربن با موجود
در آهن‌خام ترکیب‌می‌شود و درنتیجه علاوه‌بر کربن ، همچنین
عنصرهای دیگری مانند سیلیسیم ـ منگنز و نیز می‌سوزند.
بنابراین چون کربن موجود در آهن خام سفید می‌سوزد، به
آن کمی کربن اضافه می‌شود و حتی عناصر لازمی که‌برای
انواع فولاد مشخص شده نیز اضافه می‌شود. زیرا اگر چه در اثر
اضافه کردن کربن میزان مقاومت کششی فولاد افزایش می‌یابد.
اما چون میزان نرمی و خاصیت چکش‌خواری فولاد کمتر شده
و فولاد ترد و شکننده می‌شود، با افزودن عناصر آلیاژی دیگر
مانند کُرُم، مس، منگنز، نیکل، سیلیسیوم، و انادیوم و مولبیدیوم
می‌توان علاوه بر بالا بردن مقاومت فولاد، خاصیت شکل‌پذیری
فولاد را نیز افزایش داد.



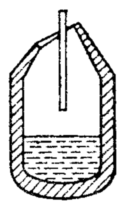
حال اگر در ساختن فولاد، از آهن خامی استفاده شود که
دارای فسفر زیاد و سیلیسیم کمی باشد، در این‌صورت آن‌را در

کوره‌ای می‌ریزند که (A) آن از جنس آجرنسوز بازی باشد که از جنس دولومیت ساخته شده است زیرا برای گرفتن مقدار اضافی فسفر که در آهن خام موجود است باید از آهک استفاده شود که در این صورت چون آهک با دولومیت ترکیب نمی‌شود، باید کوره دارای نسوز بازی باشد. این کورهٔ کنورتور که در آن «فولاد بازی» ساخته می‌شود، توسط یک انگلیسی به نام توماس اختراع شده است.	آستر آستر
در روش توماس از آهن خامی که زیاد و کمی دارد، فولاد بازی تولید می‌شود. آستر کوره باید از جنس آجرنسوز بازی باشد و برای گرفتن اضافی موجود در آهن‌خام نیز آهک مصرف می‌شود. بدین‌ترتیب سرباره‌ای که تولید می‌شود نیز می‌باشد.	فسفر ـ سیلیس فسفر فسفات کلسیم
همانطور که می‌دانید در روش با آهن خامی که فسفر زیاد و سیلیسیم کمی دارد، فولاد بازی تولید می‌شود اما اگر آهن خامی که درکنورتور (مبدل) می‌ریزند، دارای فسفر کم وگوگرد کمی باشد، در آن صورت دیگر آهک مصرف نمی‌شود زیرا آهک با سیلیسیم موجود در آستر ترکیب شده و باعث خوردگی آن می‌شود که به همین علت آستر کوره یا همان جدارهٔ مبدل باید از جنس آجرنسوز اسیدی باشد که از خاک رس و سیلیسیم ساخته شده است. این کورهٔ کنورتور که در آن فولاد اسیدی ساخته می‌شود توسط یک انگلیسی به نام ساخته شده است.	توماس بسمر
بنابراین در روش بسمر با آهن خامی که فسفر وگوگرد	کم

دارد، فولاد تولید می‌شود در حالی که دارای فسفر و سیلیسیم باشد، فولاد می‌سازند.	کمی - اسیدی زیاد - کمی - بازی
دمش اکسیژن  در اینجا اکسیژن با فشار به داخل آهن مذاب دمیده می‌شود و باعث سوختن کربن و مواد زائد می‌گردد. بدین ترتیب یکی دیگر از روش‌های تبدیل آهن خام به فولاد استفاده از روش اکسیژن توسط لوله‌ای می‌باشد که از بالا وارد آهن مذاب می‌شود.	دمیدن
دمش اکسیژن  مبدل تولید فولاد به روش LD در اثر دمیدن اکسیژن با فشار ۴ تا ۱۲ اتمسفر به داخل آهن مذاب، کربن و مواد زائد می‌سوزند.	

تبدیل آهن خام به فولاد در کورهٔ LD با استفاده از روش دمیدن اکسیژن نیز انجام می‌شود که به آن روش دمیدن اکسیژن یا روش LD گفته می‌شود.

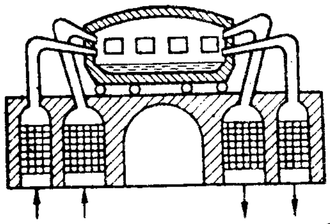
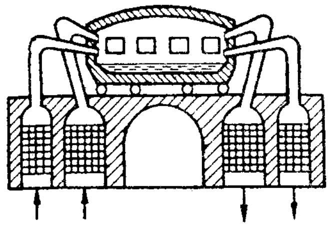
به منظور تهیهٔ فولاد در کنورتور LD، آهن خام مذاب به دست آمده از کورهٔ بلند همراه با قراضه‌های آهن به (میزان ۳٪) به درون کنورتور ریخته می‌شود. در اثر دمش اکسیژن خالص، در سطح تماس مذاب با اکسیژن، اکسید آهن ایجاد می‌شود. در اینجا با افزایش یافتن دما، اکسید آهن وارد مذاب شده، در اثر تماس با کربن، باعث اکسید شدن کربن می‌گردد و بدین ترتیب در اثر اکسید شدن کربن نیز، Co از مبدل خارج می‌شود.



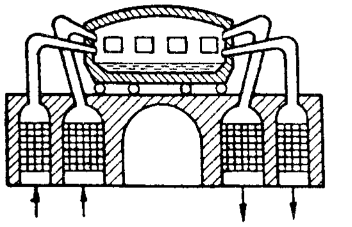
مبدل تولید فولاد به روش L-D

L-D

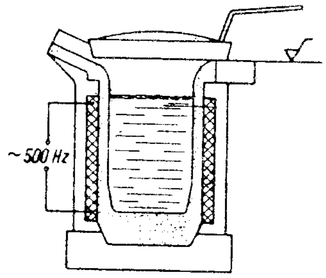
به‌منظور تهیه فولاد در کنورتور ، لوله‌ای از بالا وارد می‌شود. اکسیژن خالص بر روی سطح آهن خام و قراضه‌های آهن دمیده می‌شود به‌طوری که در سطح تماس مذاب با اکسیژن، آهن با اکسیژن ترکیب شده و Feo تشکیل می‌شود. با افزایش شدت دما اکسید آهن واردمذاب شده و باعث اکسید شدن کربن می‌شود و بدین ترتیب Co از مذاب خارج می‌شود.

دمش اکسیژن ـ روش L-D	به‌طور کلی در روش یا فولاد از مرغوبیت خوبی برخوردار می‌باشد.
	 در این تصویر «کورهٔ زیمنس مارتین» نشان داده می‌شود. در این کوره در ابتدا هوای سرد و گاز سوخت به «داغ کن» دمیده می‌شود به‌طوری که گاز سرد سوخت و هوای سرد از داغ کن عبور کرده و در آنجا داغ می‌شود. سپس هوا و گاز سوخت که اکنون داغ شده است به کوره دمیده می‌شود. در هنگام دمیدن گاز داغ سوخت و هوای داغ به کوره، روی فلز مذاب شعله‌ور شده و زبانه‌های شعله کربن را می‌سوزاند. پس از آن گاز داغی که از کوره خارج می‌شود از داغ کن‌ها عبور کرده و در مسیر خود برای رسیدن به دودکش گرمای خود را به داغ کن‌ها پس می‌دهد سپس گاز سوخته پس از آنکه سرد شد به دودکش می‌رود.
	

از کورهٔ ــــــــ برای ذوب قراضه‌های فولادی استفاده می‌شود. به‌طوری که در کورهٔ ــــــــ نسبت آهن قراضه به آهن‌خام‌مذاب را به‌طور دلخواه‌می‌توان انتخاب کرد.	زیمنس مارتین زیمنس مارتین
در روش ــــــــ آهن‌خام‌را همراه با قراضه‌های آهن به داخل کوره می‌ریزند که البته نسبت آهن قراضه به آهن خام را می‌توان به طور دلخواه انتخاب نمود. آستر کوره می‌تواند بازی از (جنس آجر دولومیتی) و یا اسیدی (از جنس آجرنسوز اسیدی) باشد.	کورهٔ زیمنس مارتین



در روش ــــــــ در ابتدا هوای سرد و گاز سوخت پس از عبور از داغ کن‌ها به‌صورت گاز داغ سوخت و هوای داغ به کوره دمیده می‌شود سپس گاز سوختهٔ کوره پس از عبور از داغ کن‌ها گرمای خود را به داغ کن‌ها پس داده و بعد از سرد شدن به دودکش می‌رود. بدین‌ترتیب مدت پخت در کورهٔ ــــــــ طولانی‌تر می‌شود اما فولاد ــــــــ از کیفیت بهتری برخوردار می‌باشد. اگر چه به علت پایین بودن کیفیت فولادهای اسیدی تولید فولاد ــــــــ به‌تدریج اهمیت خود را از دست می‌دهد.	کورهٔ زیمنس مارتین زیمنس مارتین ـ زیمنس مارتین زیمنس مارتین



آیا در شکل بالا تصویر کورهٔ زیمنس مارتین دیده می‌شود؟ بله یا خیر؟

خیر

شکل بالا یک کورهٔ زیمنس مارتین را نشان نمی‌دهد بلکه در اینجا تصویر یک کورهٔ الکتریکی دیده می‌شود.

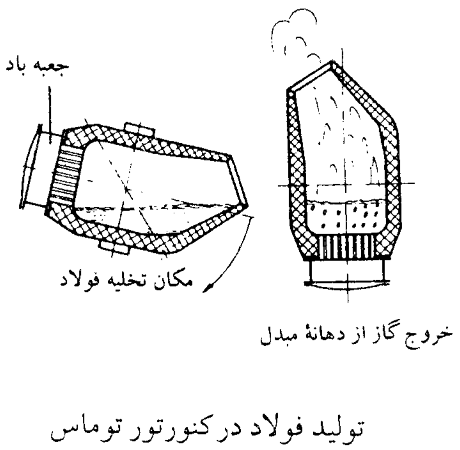
در روش کورهٔ الکتریکی حرارت مورد لزوم برای تهیهٔ فولاد توسط جریان الکتریسیته تولید می‌شود.

کوره‌های الکتریکی برای ساختن فولادهای مرغوب کاربرد دارد.

«فولادسازی به روش بسمر ـ توماس»

فولادسازی به روش بسمر ـ توماس در ظرف گلابی شکلی انجام می‌شود که به آن «مبدل» نیز گفته می‌شود. مبدل بر روی چرخ دنده‌های متحرکی قرار گرفته است و قابلیت آن را دارد که حول محور خودش دوران داشته باشد به‌طوری که مبدل می‌تواند به منظور بارگیری آهن خام مذاب خم شود و سپس در حالی که مبدل در حالت خوابیده قرار دارد، از سوراخ‌های ته‌مبدل به آن اکسیژن‌دمیده‌شود. بدین‌ترتیب در اثر دمش‌هوا، کربن‌موجود در آهن‌خام‌بااکسیژن‌ترکیب‌شده‌ودر نتیجه‌آهن‌خام به‌فولادتبدیل‌می‌شود.

اگر چه روش تولید فولاد در کنورتور که در سال ۱۸۷۷ میلادی توسط توماس انگلیسی ابداع شد، مشابه همان روش بسمر در سال ۱۸۵۵ بود اما این تفاوت را داشت که جدارهٔ مبدل توماس از دولومیت یا آهک ساخته می‌شد. در این مبدل از آهن خامی که فسفر زیاد دارد، فولاد بازی می‌سازند در حالی که جدارهٔ مبدل بسمر از جنس آجر نسوز اسیدی می‌باشد و در کنورتور با آهن خامی که فسفر کمی دارد، فولاد اسیدی ساخته می‌شود. با روش بسمر امکان استفاده از آهن خام با فسفر زیاد وجود ندارد زیرا برای از بین بردن فسفر باید از آهک استفاده شود و در این‌صورت نیز آهک با سیلیس جدارهٔ مبدل ترکیب سیلیکات کلسیم را می‌دهند که باعث تخریب جدارهٔ مبدل می‌شود.

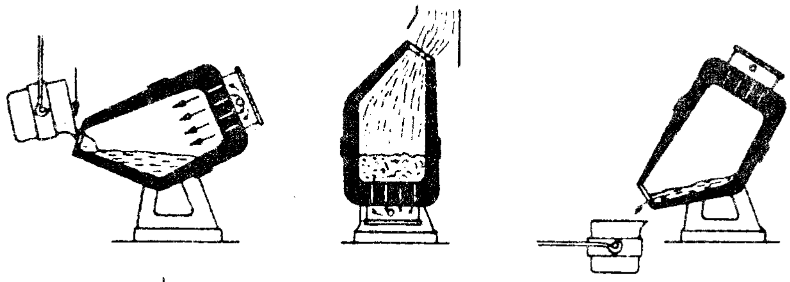


تولید فولاد در کنورتور توماس

ـ با توجه به متن «فولادسازی به روش بسمر ـ توماس» جاهای خالی را در متن زیر پر کنید:

فولادسازی به روش بسمر ـ توماس در ظرف گلابی شکلی انجام می‌شود که به آن «مبدل» نیز گفته می‌شود. مبدل بر روی چرخ دنده‌های متحرکی قرار گرفته است و قابلیت آن را دارد که حول محور خودش دوران داشته باشد به‌طوری که مبدل می‌تواند به منظور بارگیری آهن خام مذاب خم شود و سپس در حالی که مبدل در حالت خوابیده قرار دارد، از سوراخ‌های ته مبدل به آن اکسیژن .... شود. بدین ترتیب در اثر .... هوا، کربن موجود در آهن خام با اکسیژن ترکیب شده و در نتیجه آهن خام به فولاد تبدیل می‌شود.

اگر چه روش تولید فولاد در کنورتور که در سال ۱۸۷۷ میلادی توسط توماس انگلیسی ابداع شد، مشابه همان روش بسمر در سال ۱۸۵۵ بود. اما این تفاوت را داشت که جدارهٔ مبدل توماس از .... یا .... ساخته می‌شد. در این مبدل از آهن خامی که فسفر زیاد دارد، فولاد .... می‌سازند. در حالی که جدارهٔ مبدل بسمر از جنس آجر نسوز .... می‌باشد و در کنورتور با آهن خامی که فسفر کمی دارد، فولاد .... ساخته می‌شود. با روش بسمر امکان استفاده از آهن خام با فسفر زیاد وجود ندارد زیرا برای از بین بردن فسفر باید از .... استفاده شود و در این صورت نیز .... با سیلیس جدارهٔ مبدل ترکیب .... را می‌دهد که باعث تخریب جدارهٔ مبدل می‌شود.

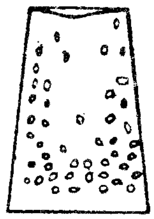


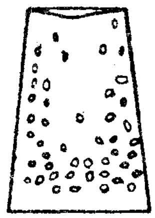
همان‌طور که در تصاویر بالا مشاهده می‌شود عملیات پخت آهن خام و تبدیل آهن خام به‌فولاد به روش کورهٔ کنورتور نشان داده می‌شود. آیا مقدار کربن در فولادی که در قالب ریخته شده با میزان کربن در فولاد مذاب قبل از شروع انجماد تفاوت دارد؟ بله یا خیر؟ بله

مقدار کربن موجود در فولاد در هنگامی که در قالب ریخته می‌شود .... از میزان کربن در فولاد مذاب قبل از شروع انجماد می‌شود. بیشتر

از آنجایی که در فولاد مذاب میزان قابلیت حلالیت کربن و اکسید کربن مقدار معینی دارد، در صورتی که مقدار کربن از حد معینی تجاوز نماید، در اثر واکنش بین کربن با اکسید آهن، گاز منواکسید کربن تشکیل می‌شود: $C + Feo \longrightarrow Fe + Co$

گاز منواکسید کربن Co در مذاب تولید حباب می‌کند:



	 در هنگامی که فولاد مذاب در داخل سطل‌های بلوکی به منظور تولید شمش فولاد ریخته می‌شود، در اثر واکنش بین کربن با اکسید آهن، گاز منواکسید کربن تشکیل می‌شود که در مذاب تولید حباب می‌کند. در این حالت گازها در هنگام سرد شدن فولاد از آن متصاعد شده و باعث ارتعاش یا پختن فولاد می‌شوند. بنابراین در فولادی که گازها در هنگام انجماد فولاد از آن متصاعد شده و باعث ارتعاش یا پختن فولاد می‌شوند، به آن «فولاد غیر آرام» می‌گویند.



در هنگام ریختن فولاد مذاب در داخل سطل‌های بلوکی، در اثر واکنش بین کربن با اکسید آهن، گاز منواکسید کربن تشکیل می‌شود که در مذاب تولید حباب می‌کند.

بدین ترتیب در فولاد (غیرآرام) گازهایی که در هنگام سرد شدن مذاب متصاعد می‌شود باعث ارتعاش یا پختن فولاد می‌گردد و در نتیجه خروج گاز منواکسید کربن به صورت حباب از مذاب باعث ایجاد خلل و فرج در قطعه ریخته شده می‌شود.

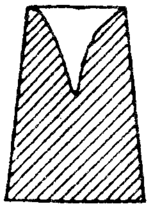
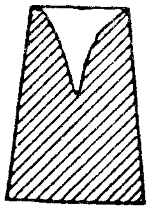
در فولاد غیرآرام اکسیژن و ازت نیز وجود دارند زیرا در هنگام دمیدن اکسیژن به فولاد و نیز در موقع ریختن فولاد مذاب به صورت شمش، فولاد از هوا اکسیژن و ازت جذب می‌کند به‌طوری‌که این گازها در هنگام سرد شدن فولاد متصاعد می‌شوند و باعث ارتعاش یا (پختن) فولاد می‌گردد.

به‌طور کلی از آنجایی‌که در هنگام انجماد میزان قابلیت حلالیت گاز در فولاد (کاهش) می‌یابد، در نتیجه مقداری از گازهایی مانند اکسیژن و هیدروژن و ازت که در فولاد وجود دارند، خارج شده و نتیجتاً در قطعهٔ ریخته شده خلل و فرج ایجاد می‌شود.

ازت به هر علتی در فولاد می‌تواند باعث به‌وجود (افزایش) آمدن نیترید شود. به‌طور مثال میزان ازت در فولاد در صورتی‌که

در کنورتور هوا از پایین به بالا دمیده شود نیز .... می‌یابد. که در نتیجه ازت حل شده در فولاد مذاب با آهن در مرز دانه‌ها ترکیب شده و باعث تشکیل نیترید آهن می‌شود که سبب ایجاد خاصیت .... شدن فولاد می‌گردد. در این حالت اگر چه فولاد مقاومت خود را از دست می‌دهد ولی .... می‌شود که به این فرآیند «پیری» می‌گویند.	افزایش ترد و سخت ترد و سخت
اگر چه ترکیب اکسیژن با کربن در هنگام ذوب فولاد واکنش مفیدی می‌باشد اما همین واکنش در هنگام انجماد فولاد تاثیر نامطلوبی دارد و به همین علت گاز اکسیژن نیز باید مانند گازهای هیدروژن و ازت قبل از انجماد از مذاب خارج شوند. بدین ترتیب چون در هنگام انجماد میزان قابلیت حلالیت گاز در فولاد کاهش می‌یابد و در نتیجه مقداری از گازهایی که در فولاد وجود دارند خارج شده و نتیجتاً در قطعهٔ ریخته شده خلل و فرج ایجاد می‌شود، در این‌صورت باید گازهای هیدروژن، ازت و اکسیژن قبل از انجماد فولاد از مذاب خارج شوند که به همین علت نیز باید از اکسیژن‌زداهای قوی مانند آلومینیوم استفاده شود.	
در فولاد غیرآرام به علت تشکیل نیترید آهن که در اثر واکنش بین ازت و آهن ایجاد می‌شود، فولاد ترد و سخت می‌گردد که به این فرآیند .... می‌گویند. حال برای آنکه میزان مقاومت .... فولاد افزایش یابد، باید به فولاد مذاب قبل از آنکه به‌صورت شمش ریخته شود، آلومینیوم اضافه کنند به‌طوری که در اثر ترکیب آلومینیوم با ازت و تشکیل نیترید آلومینیوم میزان گاز کاهش می‌یابد و در نتیجه باعث می‌شود که	 پیری پیری

فـولاد آرام سـرد شـود کـه در ایـن حـالت بـه آن «فـولاد آرام» می‌گویند.	
در فولادهای ریخته‌شده، مشخصات ترکیبی قسمتهای داخلی، میانی و نیز اطراف و کنـاری شمش یکسان می‌باشد در حالی‌که در فولادهای به علت خروج گازهایی که در موقع سـرد شـدن فـولاد متصاعد مـی‌شوند، در قسـمت‌های داخلی شمش در مقایسه با قسمت‌های اطراف و کناری، سختی بیشتری وجود دارد.	آرام غیرآرام
از آنجایی که خروج گازهای مواکسید کربن در هنگام انجماد فولاد تاثیر نامطلوبی دارد، به هـمین عـلت بـاید بـا اسـتفاده از اکسیژن‌زداهایی مانند از تشکیل گازجلوگیری می‌شود. همان طور که می‌دانید در فولادهای به علت خروج گازهایی که در موقع سرد شدن فولاد متصاعد می‌شوند، قسـمت‌های اطـراف و کـناری شـمش نـرم‌تـر و شکـل‌پذیرتر می‌شوند در حالی که در قسمت‌های مـیانی و داخـلی سـختی بـیتشری وجـود دارد. حـال بـرای آنکـه مشـخصات تـرکیبی قسمت‌های داخلی و بیرونی شمش یکسان باقی بماند بـاید از ایجاد گاز در هنگام انجماد فولاد جلوگیری شـده و فـولاد آرام سرد شوند که در این حالت به آن فولاد می‌گویند.	آلومینیوم غیرآرام آرام

	
 در فولاد آرام با اضافه‌شدن یا تیتان به فولاد مذاب، باعث کاهش تشکیل گاز به‌صورت حباب می‌شوند و در نتیجه فولاد آرام سرد می‌شود. از آنجایی که ، یا تیتانیم نیز با ازت ترکیب می‌شوند، میزان مقاومت پیری فولاد افزایش می‌یابد.	آلومینیوم آلومینیوم - سیلیسیم
عناصری مانند آلومینیوم، سیلیسیوم یا تیتانیوم که به صورت نیترید آلیاژ آهن می‌باشند در فلز رسوب می‌کنند و به عنوان عناصر محسوب می‌شوند و چون به‌منظور بالابردن قابلیت حرارت پذیری و یا بهبود بعضی از خواص فولاد از این عناصر استفاده نمی‌شود، به‌همین علت جزو عناصر تلقی نمی‌شوند.	ناخالصی آلیاژی

«فولاد غیرآرام»

همان‌طور که می‌دانید در مرحله احیاء، آهن خام در کورهٔ بلند از سنگ آهن به‌دست می‌آید. سپس در مرحلهٔ اکسیداسیون با استفاده از پختن آهن خام در کورهٔ پخت و دمیدن اکسیژن به آن کربن اضافی از آهن خام گرفته می‌شود اما چون وجود اکسیژن در آهن به‌صورت اکسید آهن Feo باعث ترد و شکننده شدن آهن خام می‌شود، در نتیجه با عمل اکسیژن‌زدایی در مرحلهٔ دی‌اکسیداسیون اکسیژن جذب شده از آهن گرفته می‌شود. به‌طور کلی به منظور تبدیل آهن خام به فولاد با استفاده از روش‌های مختلف از جمله روش کورهٔ کنورتور استفاده می‌شود به‌طوری که با ریختن آهن مذاب در ظرف کنورتور در سه مرحلهٔ پرکردن، دمش اکسیژن و تخلیهٔ فولاد با استفاده از دمیدن اکسیژن عملیات پخت انجام می‌شود.

پس از تولید فولاد در کورهٔ کنورتور و یا کوره‌های دیگر نظیر کورهٔ دمش اکسیژن یا کورهٔ LD، کورهٔ زیمنس ـ مارتین و کورهٔ قوس الکتریکی، فولاد مذاب در داخل سطل‌های مخصوص ریخته می‌شود تا سرد شود و بدین ترتیب شمش فولاد به دست می‌آید اما چون در هنگام انجماد میزان قابلیت حلالیت گاز در فولاد کاهش می‌یابد در نتیجه مقداری از گازهایی که در فولاد وجود دارند نظیر هیدروژن، ازت و از جمله منواکسید کربن از آن خارج می‌شوند. در هنگام دمش اکسیژن به فولاد و نیز در موقع ریختن مذاب به صورت شمش، مذاب می‌تواند اکسیژن، ازت و حتی رطوبت هوا را که در اثر گرمای زیاد به اکسیژن و هیدروژن تبدیل می‌شود، جذب کند. به‌طوری که هیدروژن به میزان بسیار زیادی در فولاد مذاب جذب می‌شود. از آنجایی که این مقدار هیدروژن جذب شده در مذاب بیشتر از میزان قابلیت حلالیت هیدروژن در فولاد جامد می‌باشد در نتیجه در هنگام سرد شدن فولاد، هیدروژن اضافی که جذب شده بود، از فولاد به صورت گاز خارج شده و در قطعهٔ ریخته شده خلل و فرج ایجاد می‌شود. در اثر خروج گاز منواکسید کربن Co، مذاب به حالت تعادل شیمیایی می‌رسد. به طوری که نسبت کربن C به اکسید کربن Feo به تعادل می‌رسد. چون مقدار کربن کنترل کنندهٔ قابلیت حلالیت اکسیژن می‌باشد. بنابراین در فولادهایی که دارای کربن کمتری هستند،

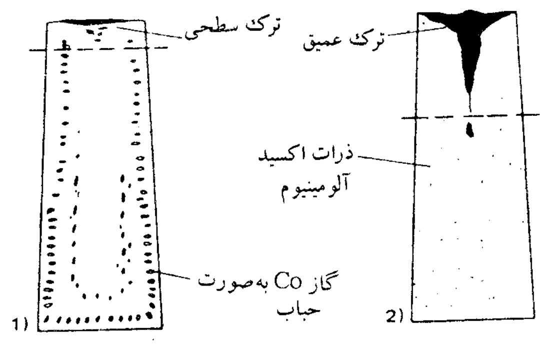
اکسیژن بسیار زیادی وجود دارد به‌طوری که در فولاد نرم که حاوی میزان کربن کمتری می‌باشد، دارای اکسید آهن زیاد و بالعکس فولاد سخت که دارای میزان کربن زیادی می‌باشد، اکسید آهن بسیار کمی دارد.

در صورتی که نسبت مقدار کربن از حد تعادل در مذاب تجاوز نماید، رابطهٔ زیر بدین صورت معتبر می‌شود:

$$C + Feo \longrightarrow Fe + Co$$

بدین ترتیب با خروج کربن از فولاد شرایط تعادل در مذاب برقرار می‌شود. گاز منواکسید کربن که در هنگام سردشدن فولاد به‌صورت حباب متصاعد می‌گردد، سبب پختن فولاد می‌شود که در این حالت به آن فولاد غیرآرام می‌گویند. گاز منواکسید کربن به‌صورت حباب، همگنی و یکنواختی ساختار فولاد را بر هم می‌زند به‌طوری که در فولاد غیرآرام قسمت‌های داخلی شمش نسبت به قسمت‌های بیرونی شمش دارای سختی بیشتری می‌باشد در حالی که قسمت‌های بیرونی شمش نرم‌تر و شکل‌پذیر هستند.

اما در فولاد آرام به علت یکنواختی ساختار فولاد، قسمت‌های بیرونی و داخلی شمش مشخصات ترکیبی یکسانی دارند.



تصویر شماتیکی از مقطع فولاد: ۱) غیرآرام ریخته‌شده ۲) آرام ریخته‌شده

ـ با توجه به متن «فولاد غیرآرام» جاهای خالی را در متن پر کنید:

همان‌طور که می‌دانید در مرحلهٔ   ، آهن خام در کورهٔ بلند از سنگ آهن به دست می‌آید. سپس در مرحلهٔ   با استفاده از پختن آهن خام در کورهٔ پخت و دمیدن اکسیژن به آن کربن اضافی از آهن خام گرفته می‌شود اما چون وجود اکسیژن در آهن به‌صورت اکسید آهن Feo باعث ترد و شکننده شدن آهن خام می‌شود، در نتیجه با عمل اکسیژن‌زدایی در مرحلهٔ   اکسیژن جذب شده از آهن گرفته می‌شود. به‌طور کلی به منظور تبدیل آهن خام به فولاد با استفاده از روش‌های مختلف از جمله روش کورهٔ کنورتور استفاده می‌شود به‌طوری که با ریختن آهن مذاب در ظرف کنورتور در سه مرحلهٔ   ،   و   با استفاده از دمیدن اکسیژن عملیات پخت انجام می‌شود.

پس از تولید فولاد در کورهٔ کنورتور یا کوره‌های دیگر نظیر کورهٔ دمش اکسیژن یا کورهٔ   ، کورهٔ زیمنس ـ مارتین و کورهٔ قوس الکتریکی، فولاد مذاب در داخل سطل‌های مخصوص ریخته می‌شود تا سرد شود و بدین ترتیب شمش فولاد به‌دست می‌آید. اما چون در هنگام انجماد میزان قابلیت حلالیت گاز در فولاد   می‌یابد در نتیجه مقداری از گازهایی که در فولاد وجود دارند نظیر هیدروژن، ازت و از جمله منواکسید کربن از آن خارج می‌شوند. در هنگام دمش اکسیژن به فولاد و نیز در موقع ریختن مذاب به صورت شمش، مذاب می‌تواند اکسیژن، ازت و حتی رطوبت هوا را که در اثر گرمای زیاد به اکسیژن و هیدروژن تبدیل می‌شود، جذب کند. به‌طوری که هیدروژن به میزان بسیار زیادی در فولاد مذاب جذب می‌شود. از آنجایی که این مقدار هیدروژن جذب شده در مذاب بیشتر از میزان قابلیت حلالیت هیدروژن در فولاد جامد می‌باشد در نتیجه در هنگام سرد شدن فولاد، هیدروژن اضافی که جذب شده بود، از فولاد به‌صورت گاز خارج شده و در قطعه ریخته شده خلل و فرج ایجاد می‌شود. در اثر خروج گاز منواکسید کربن Co، مذاب به حالت تعادل شیمیایی می‌رسد به‌طوری که نسبت کربن C به اکسید کربن Feo به تعادل می‌رسد. چون مقدار کربن کنترل کنندهٔ قابلیت حلالیت اکسیژن می‌باشد بنابراین در فولادهای که دارای کربن   هستند، اکسیژن بسیار   وجود دارد به‌طوری که در فولاد نرم که حاوی میزان کربن

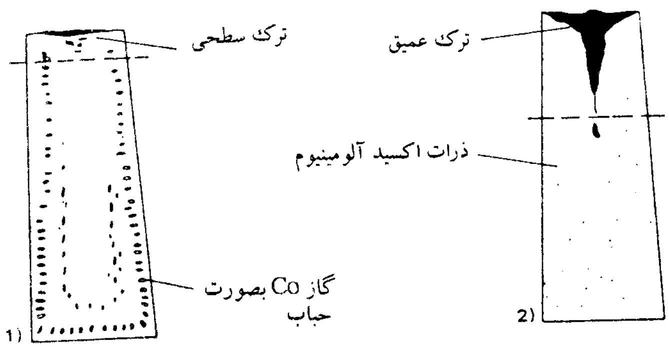
می‌باشد، دارای اکسید آهن و بالعکس فولاد سخت که دارای میزان کربن می‌باشد، اکسید آهن بسیار دارد.

در صورتی که نسبت مقدار کربن از حد تعادل در مذاب تجاوز نماید، رابطهٔ زیر بدین‌صورت معتبر می‌شود:

$$C + Feo \longrightarrow Fe + Co$$

بدین ترتیب با خروج کربن از فولاد شرایط تعادل در مذاب برقرار می‌شود. گاز منواکسید کربن که در هنگام سردشدن فولاد به‌صورت حباب متصاعد می‌گردد، سبب پختن فولاد می‌شود که در این حالت به آن فولاد می‌گویند. گاز منواکسید کربن به‌صورت حباب، همگنی و یکنواختی ساختار فولاد را بر هم می‌زند. به‌طوری که در فولاد قسمت‌های داخلی شمش نسبت به قسمت‌های بیرونی شمش دارای سختی بیشتری می‌باشد در حالی که قسمت‌های بیرونی شمش نرم‌تر و شکل‌پذیر هستند.

اما در فولاد به علت یکنواختی ساختار فولاد، قسمت‌های بیرونی و داخلی شمش مشخصات ترکیبی یکسانی دارند.



تصویر شماتیکی از مقطع فولاد: ۱) ریخته‌شده ۲) ریخته‌شده

وجود عناصری مانند فسفر و گوگرد در فولاد می‌تواند بر روی خواص فولاد تأثیر بگذارد. این عناصر .... که به مقدار کم و بسیار محدود در فولاد وجود دارند جزو عناصر .... محسوب نمی‌شوند زیرا عناصر .... باعث بهتر شدن خواص مشخصه فولاد می‌شوند به‌طور مثال مانند کربن در فولادهای کربنی که باعث افزایش خاصیت سختی و استحکام فولاد می‌گردد. بدین ترتیب در فولادهای معمولی میزان فسفر تا ۰/۰۹ درصد و گوگرد تا ۰/۰۵ درصد می‌تواند در فولاد وجود داشته باشد در حالیکه در فولادهای مرغوب میزان فسفر و گوگرد تا ۰/۰۴ درصد می‌باشد. حال اگر میزان فسفر و گوگرد تا ۰/۰۳ درصد برسد، در آن صورت فولادهای خیلی مرغوب نامیده می‌شوند.

ناخالصی
آلیاژی
آلیاژی

بنابراین صدق می‌کند:

در فولادهای .... تا میزان ۰/۰۹ درصد فسفر و ۰/۰۵ درصد گوگرد

در فولادهای .... تا میزان ۰/۰۴ درصد فسفر و گوگرد

در فولادهای .... تا میزان ۰/۰۳ درصد فسفر و گوگرد

معمولی
مرغوب
خیلی مرغوب

به‌طورکلی کیفیت و مرغوبیت فولاد بستگی به میزان فسفر و گوگرد موجود در فولاد دارد به‌طوریکه .... میزان فسفر و گوگرد باعث مرغوبیت فولاد می‌شود زیرا عنصر .... گوگرد با آهن ترکیب می‌شود و سولفید آهن Fes در مرز دانه‌های فولاد رسوب می‌کند و در هنگام عملیات حرارتی در نقطهٔ ذوب پایین که به منظور شکل دادن و فرم‌دهی فلز انجام می‌شود، ذوب شده و باعث گسستن دانه‌های فولاد از هم شده و در نتیجه ترک در فولاد ایجاد می‌شود. همچنین عنصر فسفر در اثر ترکیب با

کاهش
ناخالصی

آهن تشکیل فسفید آهن Fe_3P را می‌دهد که در مرز دانه‌های فولاد رسوب کرده و در هنگام فرم دادن سرد باعث تردی و شکنندگی فولاد در دمای پایین می‌گردد. علاوه بر آن عناصر فسفر و گوگرد باعث مقاومت‌ضربه‌ای در فولاد نیز می‌شود.	ناخالصی ـکاهش
اضافه شدن عناصر آلیاژی باعث بهتر شدن یک یا بعضی از خواص مشخصهٔ فولاد مانند افزایش میزان مقاومت، سختی تا نرمی، تردی، شکنندگی، مقاومت ضربه‌ای و مقاومت حرارتی و یا دیگر خواص فولاد می‌شود. در فولادهای آلیاژی یا فولادهای با آلیاژ علاوه بر کربن و آهن عناصر دیگری وجود دارند به‌طوریکه فولادهای آلیاژی باتوجه به میزان عناصر آلیاژی به دوگروه فولادهای کم آلیاژ و فولادهای پرآلیاژ تقسیم می‌شوند. در حالی‌که اگر در فولاد علاوه بر آهن وکربن عناصری مانند سیلیسیم از ۰/۵ درصد، منگنز از ۰/۸ درصد، آلومینیوم از ۰/۱ درصد، تیتانیم از ۱ درصد و مس از ۰/۲۵ درصد تجاوز نکند، در آن صورت چنین فولادی را «فولاد بی‌آلیاژ» می‌نامند.	
بنابراین فولادهایی که‌مجموع عناصر آلیاژی آنها به‌جز کربن از ۱/۷۵ درصد تجاوز نکند، فولاد نامیده می‌شود. حال اگر مجموع عناصر آلیاژی آنها بجز کربن در فولاد کمتر از ۵ درصد باشد، به آن فولاد گفته می‌شود.	بی‌آلیاژ کم‌آلیاژ
بدین ترتیب فولادهای ، فولادهایی هستند که در آنها مجموع عناصر آلیاژی سیلیسیم، منگنز، آلومینیوم، تیتانیم و	کم‌آلیاژ

مس از ۱/۷۵ تا ۵ درصد می‌باشد.	
آیا اگر عناصر آلیاژی سیلیسیم، منگنز، آلومینیوم، تیتانیم و مس در فولاد ۷/۵ درصد باشد باز هم چنین فولادی آلیاژی جزو گروه فولاد کم آلیاژ محسوب می‌شود؟ بله یا خیر؟	خیر
در صورتی‌که مجموع عناصر آلیاژی سیلیسیم، منگنز، آلومینیوم، تیتانیم و مس در فولاد به ۷/۵ درصد برسد، چنین فولادی را فولاد .... می‌نامند.	پرآلیاژ

«فولادهای آلیاژی»

اگر ترکیبات شیمیایی موجود در فولاد مورد بررسی قرار گیرند در آن صورت باتوجه به آن دسته از عناصر شیمیایی که در فولاد وجود دارند، فولادها به گروه‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند مانند فولادهای کربنی که کربن به عنوان اصلی‌ترین عنصر آلیاژی در فولاد محسوب می‌شود. فولادهای کربنی یا همان فولادهای ساده که فقط از کربن و آهن تشکیل شده‌اند به فولادهای کم کربن (میزان کربن از صفر تا ۰/۲۵ درصد)، فولادهایی با کربن متوسط (میزان کربن از ۰/۲۵ تا ۰/۵۵ درصد) و فولادهای پرکربن (میزان کربن از ۰/۵ تا ۲ درصد) گروه‌بندی می‌شوند. در فولادهای کربنی در اثر افزایش میزان کربن، فولاد ترد می‌شود و مقاومت کششی آن نیز افزایش می‌یابد و بالعکس هر چه میزان کربن در فولاد کاهش یابد، جنس فولاد نرم‌تر شده و بدین‌ترتیب میزان چکش‌خواری و شکل‌پذیری فولاد نیز افزایش می‌یابد. اما در صورتی که میزان آلیاژهای موجود در فولاد بجز کربن از میزان ۰/۵ درصد سیلیسیم، ۰/۸ درصد منگنز، ۰/۱ درصد آلومینیوم یا ۱ درصد تیتانیم یا ۰/۲۵ درصد مس تجاوز نکند، در این صورت فولادهای بی‌آلیاژ نامیده می‌شود.

همانطور که می‌دانید به فولاد علاوه بر آهن و کربن همچنین عناصر دیگری نیز اضافه می‌کنند که این عناصر آلیاژی باعث بهبود یک یا بعضی از خواص فولاد می‌شوند که در این حالت چنین فولادهایی را فولادهای آلیاژی می‌نامند که به فولادهای کم‌آلیاژ و فولادهای پرآلیاژ تقسیم می‌شوند. فولادهای کم‌آلیاژ، فولادهایی هستند که در آنها مجموع عناصر آلیاژی سیلیسیم، منگنز، آلومینیوم، تیتانیم و مس از ۵ درصد تجاوز ننماید در حالی‌که اگر مجموع عناصر آلیاژی موجود در فولاد به ۷/۵ درصد برسد، چنین فولادی را فولاد پرآلیاژ می‌نامند.

تأثیر عناصر آلیاژی بر روی خواص فولاد

وجود سیلیسیم در فولاد باعث افزایش میزان سختی در فولاد شده و میزان خاصیت ارتجاعیت و نیز مقاومت در برابر خوردگی فولاد را افزایش می‌دهد. اگر چه در صورت

افزایش میزان سیلیسیم بیشتر از ۰/۲ درصد، میزان چقرمگی و شکل‌پذیری فولاد کاهش می‌یابد.

نیکل موجود در فولاد سبب افزایش چقرمگی و ضربه‌پذیری، استحکام، مقاومت در برابر خوردگی شده و همچنین قابلیت هدایت برق و مقاومت حرارتی را نیز افزایش می‌دهد.

منگنز باعث افزایش مقاومت سایش و مقاوم ضربه‌ای در فولاد می‌شود. اما میزان شکل‌پذیری کاهش می‌یابد.

در صورت وجود **کُرُم** در فولاد میزان مقاومت در برابر خوردگی، سختی‌پذیری و استحکام در فولاد افزایش می‌یابد.

کُبالت نیز سبب افزایش سختی در فولاد می‌شود.

وجود **ولفرام** در فولاد باعث می‌شود که سختی، مقاومت در برابر خوردگی و مقاومت حرارتی فولاد افزایش یابد.

ـ با توجه به متن «فولادهای آلیاژی» جاهای خالی را در متن زیر پر کنید:

اگر ترکیبات شیمیایی موجود در فولاد مورد بررسی قرار گیرند در آن صورت باتوجه به آن دسته از عناصر شیمیایی که در فولاد وجود دارند، فولادها به گروه‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند مانند فولادهای که کربن به عنوان اصلی‌ترین عنصر آلیاژی در فولاد محسوب می‌شود. فولادهای یا همان فولادهای ساده که فقط از کربن و آهن تشکیل شده‌اند به فولادهای (میزان کربن از صفر تا ۰/۲۵ درصد)، فولادهایی با (میزان کربن از ۰/۲۵ تا ۰/۵۵ درصد) و فولادهای (میزان کربن از ۰/۵ تا ۲ درصد) گروه‌بندی می‌شوند. در فولادهای کربنی در اثر میزان کربن، فولاد ترد می‌شود و مقاومت کششی آن نیز افزایش می‌یابد و بالعکس هر چه میزان کربن در فولاد یابد، جنس فولاد نرم‌تر شده و بدین‌ترتیب میزان چکش‌خواری و شکل‌پذیری فولاد نیز افزایش می‌یابد. اما در صورتی که میزان آلیاژهای موجود در فولاد بجز کربن از میزان ۰/۵ درصد سیلیسیم، ۰/۸ درصد منگنز، ۰/۱ درصد آلومینیوم یا ۱ درصد تیتانیم یا ۰/۲۵ درصد مس تجاوز نکند، در این صورت فولادهای نامیده می‌شود.

همانطور که می‌دانید به فولاد علاوه بر آهن و کربن همچنین عناصر دیگری نیز اضافه می‌کنند که این عناصر باعث بهبود یک یا بعضی از خواص فولاد می‌شوند که در این حالت چنین فولادهایی را فولادهای آلیاژی می‌نامند که به فولادهای و فولادهای تقسیم می‌شوند. فولادهای ، فولادهایی هستند که در آنها مجموع عناصر آلیاژی سیلیسیم، منگنز، آلومینیوم، تیتانیم و مس از ۵ درصد تجاوز ننماید در حالی‌که اگر مجموع عناصر آلیاژی موجود در فولاد به ۷/۵ درصد برسد، چنین فولادی را فولاد می‌نامند.

ـ با توجه به متن «تاثیر عناصر آلیاژی بر روی خواص فولاد» جاهای خالی را در متن زیر پر کنید:

ـ تاثیر عنصر آلیاژی نیکل در فولاد:

افـزایش چـقرمگی (شکـل‌پذیری) و ضـربه‌پذیری، اسـتحکام، مـقاومت، در بـرابـر ، قابلیت و مقاومت در برابر

ـ تاثیر عنصر آلیاژی کبالت در فولاد:

افزایش در فولاد

ـ تاثیر عنصر آلیاژی منگنز:

افزایش مقاومت و مقاومت و کاهش در فولاد

ـ تاثیر عنصر آلیاژی سیلیسیم:

افزایش ، خاصیت ، مقاومت در برابر

ـ تاثیر عنصر آلیاژی کُرُم:

افزایش مقاومت در برابر ، سختی‌پذیری،

ـ تاثیر عنصر آلیاژی ولفرام:

افزایش ، مقاومت در برابر ، مقاومت

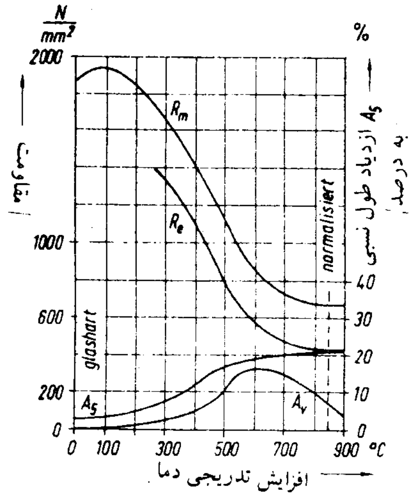
حال اگر بخواهیم میزان سختی و استحکام در فولاد افزایش یابد، در این صورت با استفاده از عمل «سخت کردن» یا «آب دادن» فولاد می‌توانیم حداکثر سختی و استحکام را در فولاد ایجاد کنیم بدین صورت که فولاد را تا دمای معینی به‌طور تدریجی گرم کرده سپس قطعه را مدتی در این دما ثابت نگه می‌دارند و پس از آن فولاد را به سرعت سرد می‌کنند. برای آنکه سرد کردن قطعه سریع انجام شود از خنک‌کننده‌هایی مانند آب یا روغن استفاده می‌گردد. در عملیات آبدهی فولاد، تردی، سختی و مستحکم شدن فولاد به علت سرد کردن سریع قطعه ایجاد می‌شود.	
بدین ترتیب در عملیات ______ که به‌منظور بالا بردن سختی در فولاد انجام می‌شود، با استفاده از عمل گرم کردن تدریجی فولاد و ثابت نگه داشتن دمای قطعه در مدت زمان معینی، ساختار فولاد تغییر کرده و با سرد کردن سریع فولاد در آب یا روغن، فرآیند سخت کردن فولاد انجام می‌شود.	آبدهی فولاد
اگر چه در عملیات آبدهی فولاد میزان ______ در قطعه افزایش می‌یابد اما در قطعه فولادی تنش‌های داخلی ایجاد می‌شود که در این صورت با انجام عملیات حرارتی بازگشت بر روی قطعه و با استفاده از خنک کننده‌هایی مانند نمک، اسید و یخ تنش‌های داخلی در فولاد رفع می‌شود. از آنجایی که انجام عملیات حرارتی بازگشت بر روی قطعه باعث مرغوب شدن خواص فولاد می‌شود، به آن عمل «مرغوب کردن فولاد» می‌گویند.	سختی و استحکام

بنابراین به‌منظور بالابردن سختی و استحکام در فولاد، از عمل یا فولاد استفاده می‌شود بدین صورت که قطعه را تا دمای معینی به طور تدریجی گرم کرده و سپس قطعه را مدتی در این دما ثابت نگه می‌دارند. پس از آن فولاد را به سرعت سرد می‌کنند اما چون عملیات آبدهی باعث ایجاد تنش‌های داخلی در فولاد می‌شود، انجام عملیات حرارتی بازگشت بر روی قطعه با استفاده از خنک کننده‌هایی مانند نمک و اسید و یخ باعث ایجاد رفع تنش در قطعه می‌شود که سبب مرغوب شدن خواص فولاد می‌گردد که در این حالت به آن عمل فولاد می‌گویند.	سخت‌کردن ـ آب‌دادن مرغوب کردن

عملیات حرارتی بازگشت (باز پخت فولاد)

اگر چه عمل سخت‌کردن یا آبدادن فولاد (آبدهی فولاد) به منظور سخت شدن فولاد و یا در واقع ایجاد حداکثر سختی و استحکام در قطعه فولادی انجام می‌شود اما چون در اثر آبدهی فولاد، در قطعه تنش‌های داخلی به وجود می‌آید، امکان ایجاد ترک در قطعهٔ فولادی در اثر ضربه وجود دارد. حال برای آنکه فولاد با وجود داشتن سختی در برابر ضربه نیز مقاومت داشته باشد، پس از انجام عمل آبدهی فولاد از عملیات حرارتی بازگشت (باز پخت) جهت تنش‌زدایی در قطعهٔ فولادی استفاده می‌شود. به‌منظور باز پخت فولاد، قطعهٔ سخت شده را پس از آنکه در دمایی بین ۱۵۰ تا ۶۵۰ سانتیگراد برای مدت زمان مشخصی حرارت می‌دهند، سپس قطعه را به آهستگی سرد می‌کنند.

همان طور که در شکل شمارهٔ ۱ مشاهده می‌شود، میزان تغییرات دما به نوع و کاربرد فولاد بستگی دارد و خصوصیات فولاد با افزایش تدریجی دما تغییر می‌کند. بالا بودن سختی و مقاومت فولاد در ابتدای منحنی تنزل نمی‌کند. اما بعداً در حالی که فولاد به حالت شلی می‌رسد، به‌طور شدیدی نزول می‌کند. اگر چه از میزان سختی و استحکام در فولاد کاسته می‌شود اما میزان چقرمگی و ضربه‌پذیری افزایش می‌یابد. با رسیدن افزایش تدریجی دما به حد مشخصی و نگه داشتن قطعه در این دما برای مدت معینی و سپس سرد کردن آهستهٔ قطعه، باعث عادی ساختن (نرمال ساختن) ساختار فولاد می‌شود و در اثر نرمالیزه کردن فولاد، ساختار میکروسکوپی فولاد دوباره ریزدانه و یکنواخت می‌شود. با عمل ریزدانه و یکنواخت شدن ساختار فولاد، میزان قابلیت ماشینکاری فولاد نیز افزایش می‌یابد. عمل سخت‌کردن (آبدهی فولاد) و همچنین انجام عملیات حرارتی بازگشت (باز پخت) بر روی فولاد باعث مرغوب شدن خواص فولاد می‌شود که این عملیات را «مرغوب کردن فولاد» می‌نامند.

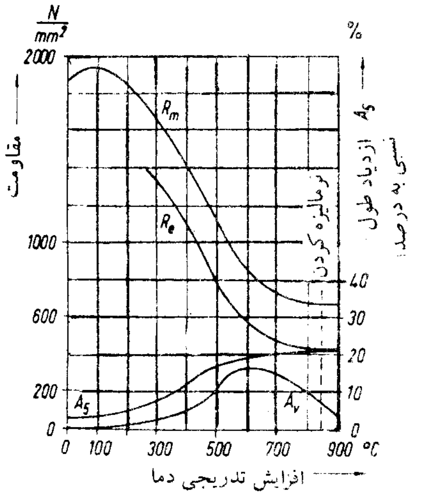


شکل ۱: منحنی افزایش تدریجی دما به منظور عملیات حرارتی بازگشت (باز پخت) جهت مرغوب کردن فولاد با ۰/۴۵ درصد کربن

ـ لطفاً جاهای خالی را در متن زیر پر کنید:

اگر چه عمل سخت کردن یا و یا به منظور سخت شدن فولاد و یا در واقع ایجاد حداکثر سختی و استحکام در قطعه فولادی انجام می‌شود اما چون در اثر فولاد، در قطعه تنش‌های داخلی به وجود می‌آید، امکان ایجاد ترک در قطعهٔ فولادی در اثر ضربه وجود دارد. حال برای آنکه فولاد با وجود داشتن سختی در برابر ضربه نیز مقاومت داشته باشد، پس از انجام عمل آبدهی فولاد از عملیات یا جهت تنش‌زدایی در قطعهٔ فولادی استفاده می‌شود. به‌منظور فولاد، قطعهٔ سخت شده را پس از آنکه در دمایی بین ۱۵۰ تا ۶۵۰ سانتیگراد برای مدت زمان مشخصی حرارت می‌دهند، سپس قطعه را به آهستگی سرد می‌کنند.

همان طور که در شکل شمارهٔ ۱ مشاهده می‌شود، میزان تغییرات دما به نوع و کاربرد فولاد بستگی دارد و خصوصیات فولاد با افزایش تدریجی دما تغییر می‌کند. بالا بودن سختی و مقاومت فولاد در ابتدای منحنی تنزل نمی‌کند اما بعداً در حالی که فولاد به حالت شلی می‌رسد، به‌طور شدیدی نزول می‌کند. اگر چه از میزان سختی و استحکام در فولاد کاسته می‌شود اما میزان و افزایش می‌یابد. با رسیدن افزایش تدریجی دما به حد مشخصی و نگه داشتن قطعه در این دما برای مدت معینی و سپس سرد کردن آهستهٔ قطعه، باعث عادی ساختن (نرمال ساختن) ساختار فولاد می‌شود و در اثر نرمالیزه کردن فولاد، ساختار میکروسکوپی فولاد دوباره و می‌شود. با عمل و شدن ساختار فولاد، میزان قابلیت ماشینکاری فولاد نیز افزایش می‌یابد. عمل سخت کردن و یا و همچنین انجام عملیات و یا بر روی فولاد باعث مرغوب شدن خواص فولاد می‌شود که این عملیات را «مرغوب کردن فولاد» می‌نامند.



شکل ۱: منحنی افزایش تدریجی دما به منظور عملیات و یا
جهت مرغوب کردن فولاد با ۰/۴۵ درصد کربن

«مرغوب کردن فولاد»

همانطور که می‌دانید عملیات باز پخت بر روی خصوصیات فولادهای ساختمانی تاثیر می‌گذارد.

تاثیرات باز پخت فولاد: -کاهش میزان تنش‌های موجود در قطعه
-افزایش چقرمگی و ضربه‌پذیری فولاد
-کاهش سختی و استحکام قطعهٔ سخت‌شده

برای آنکه میزان استحکام ضربه‌ای فولاد افزایش یابد، ساختار داخلی فولاد نباید زیاد به صورت سیمانتیت Fe_3C باشد (اگر چه در دمای عادی شبکهٔ فضایی مکعبی بلورهای آهن دارای تقارن مرکزی هستند که در این حالت شبکهٔ بلورین را «آهن فریت» می‌نامند. اما در این دما که شبکهٔ فضایی بلورهای آهن، تقارن مرکزی دارند، اتم کربن در شبکهٔ فضایی موجود نمی‌باشد. در حالت سیمانتیت در شبکهٔ فضایی بلورهای آهن با تقارن مرکزی اتم کربن وارد نشده است) که در این حالت میزان کربن بین ۰/۲۵ تا ۰/۶ درصد محدود می‌شود.

همانطور که در منحنی شمارهٔ ۱ مشاهده می‌شود، افزایش دمای باز پخت از ۴۵۰°C تا ۶۵۰°C بر روی خواص مکانیکی فولاد تاثیر می‌گذارد بدین ترتیب که اگر چه در درجهٔ حرارت ۴۵°C میزان تنش تسلیم σ_S و مقاومت کششی فولاد σ_{zB} زیاد است و بالعکس میزان ازدیاد طول نسبی σ_5کم می‌باشد ولی در درجهٔ حرارت ۶۵°C از میزان تنش تسلیم σ_S و مقاومت کششی فولاد σ_{zB}کاسته می‌شود در حالی که میزان انعطاف‌پذیری فولاد از نظر ازدیاد طول نسبی O_5 و میزان کاهش سطح مقطع فولاد ψ افزایش می‌یابد.

به‌طور کلی عملیات حرارتی بازگشت (باز پخت) که جهت مرغوب کردن فولاد انجام می‌شود، در فولادهای آلیاژی باعث افزایش استحکام ضربه‌ای فولاد می‌گردد.

با توجه به متن «مرغوب کردن فولاد» در متن زیر در جاهای خالی کلمات مناسب بگذارید:

همانطور که می‌دانید عملیات باز پخت بر روی خصوصیات فولادهای ساختمانی تاثیر می‌گذارد.

تاثیرات باز پخت فولاد: -کاهش میزان تنش‌های موجود در قطعه

-افزایش و فولاد

-کاهش سختی و قطعهٔ سخت‌شده

برای آنکه میزان و فولاد افزایش یابد، ساختار داخلی فولاد نباید زیاد به صورت سیمانتیت Fe_3C باشد (اگر چه در دمای عادی شبکهٔ فضایی مکعبی بلورهای آهن دارای تقارن مرکزی هستند که در این حالت شبکهٔ بلورین را «آهن فریت» می‌نامند اما در این دما که شبکهٔ فضایی بلورهای آهن، تقارن مرکزی دارند، اتم کربن در شبکهٔ فضایی موجود نمی‌باشد. در حالت سیمانتیت در شبکهٔ فضایی بلورهای آهن با تقارن مرکزی اتم کربن وارد نشده است) که در این حالت میزان کربن بین ۰/۲۵ تا ۰/۶ درصد محدود می‌شود.

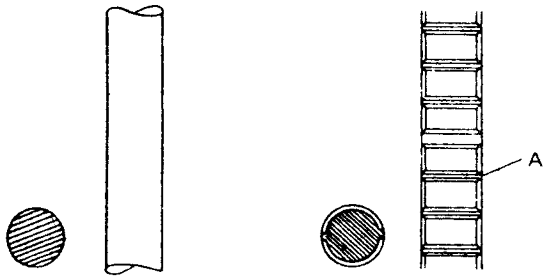
همانطور که در منحنی شمارهٔ ۱ مشاهده می‌شود، افزایش دمای باز پخت از تا بر روی خواص مکانیکی فولاد تاثیر می‌گذارد. بدین ترتیب که اگر چه در درجهٔ حرارت میزان تنش تسلیم σ_S و مقاومت کششی فولاد σ_{sB} زیاد است و بالعکس میزان ازدیاد طول نسبی σ_S کم می‌باشد ولی در درجهٔ حرارت از میزان تنش تسلیم σ_S و مقاومت کششی فولاد σ_{zB} کاسته می‌شود در حالی که میزان انعطاف‌پذیری فولاد از نظر ازدیاد طول نسبی O_S و میزان کاهش سطح مقطع فولاد ψ افزایش می‌یابد.

به‌طور کلی عملیات حرارتی بازگشت (باز پخت) که جهت مرغوب کردن فولاد انجام می‌شود، در فولادهای آلیاژی باعث افزایش فولاد می‌گردد.

فولادهایی که در ساختمان‌سازی مورد مصرف قرار می‌گیرند بر اساس آیین‌نامه‌های مختلف مانند آیین‌نامهٔ آلمان DIN، آیین‌نامه آمریکا AISC و آیین‌نامهٔ روسیه GOST مشخص شده‌اند. فولادهای کربنی که براساس DIN 17100 مجوز استفاده از آن‌ها در ساختمان‌سازی صادر شده است، «فولادهای ساختمانی» نامیده می‌شوند.	
یکی از انواع فولادهای ، فولاد ST-37 می‌باشد که به آن فولاد نرمهٔ معمولی نیز گفته می‌شود. فولاد یا همان فولاد نرمه که در ستون و تیر ساختمان و تیر ساختمان و همچنین به‌صورت میله‌گرد در بتن مسلح مورد استفاده قرار می‌گیرد، دارای مقداری درصد کمی کربن (۰/۰۹ تا ۰/۲۵ درصد) می‌باشد.	ساختمانی ساختمانی
ویژگی‌های فولادهای ساختمانی از نظر میزان مقاومت کششی، حد جاری شدن و ازدیاد طول نسبی، آرام یا غیر آرام بودن فولاد با علاماتی مشخص می‌شوند. به‌طور مثال در فولاد USt 37-1، St علامت فولاد، 37 مقاومت کششی فولاد بر حسب N/mm^2 و U فولاد غیرآرام می‌باشد به‌طوری که چنین فولادی دارای مقاومت کششی به میزان ۳۶۰N/mm^2 و حد جاری شدن (تنش تسلیم) ۲۴۰N/mm^2 و ازدیاد طول نسبی ۲۵ درصد (بر حسب میلیمتر) است که چنین فولادی جزو فولاد گروه I قرار می‌گیرد.	
فولاد St 37-3 که دارای مقاومت کششی (حد گسیختگی)	

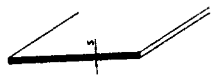
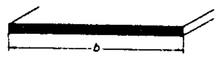
۳۶۰N/mm²، حد جاری شدن (تنش تسلیم) ۲۴۰N/mm² و ازدیاد طول نسبی ۲۵ درصد می‌باشد جزو فولاد گروه III قرار می‌گیرد.	
همچنین فولاد St 50-2 که جزو گروه II قرار می‌گیرد دارای مقاومت کششی یا ۴۹۰-۵۹۰N/mm²، حد جاری‌شدن یا ۲۹۰N/mm² و ازدیاد طول نسبی ۲۰درصد است.	حد گسیختگی تنش تسلیم
بدین ترتیب فولادهای ساختمانی با توجه به میزان مقاومت کششی یا ، حدجاری‌شدن یا و ازدیاد طول نسبی گروه‌بندی می‌شوند به‌طوری که میزان مقاومت کششی و حد جاری شدن فولاد به نوع ساخت و ترکیبات شیمیایی فولاد بستگی دارد.	حدگسیختگی-تنش‌تسلیم
حد جاری‌شدن یا در فولاد بدان‌معناست که‌در هر قطعهٔ فولادی اگر نیرو وارد شود به‌طوری که بار وارده به‌تدریج افزایش یابد، فولاد نیز به‌طور یکنواخت کشیده می‌شود به‌طوری که میزان این کشیدگی اگر از حد معینی تجاوز نماید، تغییر شکل فولاد که ناشی از تنش ایجاد شده به علت نیروی خارجی می‌باشد و باعث افزایش طول قطعه شده است دیگر پس از برداشتن نیروی خارجی به میزان طول اولیه خود بر نمی‌گردد و تغییر شکل ناشی از تنش به طور دائم در فولاد باقی می‌ماند و در این حالت فولاد خاصیت ارتجاع (الاستیسیته) خود را از دست می‌دهد. به‌طور کلی میزان حد جاری شدن با میزان ازدیاد طول نسبی	تنش تسلیم

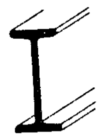
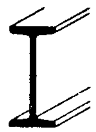
فولاد وابستگی دارد. به‌طوری که هر چه میزان حد جاری شدن یابد، بر میزان طول نسبی فولاد افزوده می‌شود.	افزایش
به‌طور کلی فولادهایی را که در بتن قرار می‌گیرند تا در مقابل تنش کششی مقاومت کند، «فولاد بتن» می‌نامند. فولاد بتن به اشکال مختلفی از جمله میله‌گرد یا آرماتور ساخته می‌شود. میله گردها یا آرماتورها را با مقطع دایرهٔ ساده، دایرهٔ عاجدار، نیم دایره، مربع و شش گوش می‌سازند. به منظور ساختن میلگرد یا آرماتور از روش «نورد سرد» استفاده می‌شود به این صورت که میلگرد را که در حالت سرد قرار دارد، می‌کشند تا مقاومت کششی فولاد افزایش یابد.	
بنابراین خواص فولاد می‌تواند در اثر عملیات فرم‌دهی سرد تغییر پیدا کند. به طوری که به منظور ساخت میلگرد از عمل استفاده می‌شود. در صورت کشیدن فولاد در حالت سرد، میزان مقاومت کششی میلگرد افزایش می‌یابد.	نورد سرد
به منظور فرم‌دهی فولاد از عمل ضربه و فشار بر روی فولاد در هنگامی که فولاد در حالت خمیری قرار دارد نیز استفاده می‌شود بدین صورت که شمش فولاد را تا دمای مناسب گرم کرده و سپس شمش گداخته را با سرعت و فشار از وسط غلطتک‌هایی رد می‌کنند. به طوری که در اثر این عمل، شمش فولاد در کارخانهٔ نورد کشیده می‌شود و به شکل نیمرخ نورد می‌شود و در نتیجه به کمک عمل «نورد گرم» نیمرخ‌ها به اشکال موردنظر نورد می‌شوند.	

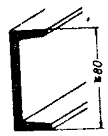
نورد گرم	بنابراین در اثر عمل قطعهٔ فولادی را تا دمای مناسب گرم کرده به‌طوری که شمش گداخته در حالت خمیری قرار می‌گیرد. در اثر تغییر شکل خمیری فولاد، شمش گداخته خواص شکل‌پذیری بهتری را به دست می‌آورد به صورتی که با صرف انرژی کمتری در کارخانهٔ نورد کشیده می‌شود و به شکل نیمرخ‌های ساختمانی نورد می‌شود.
	 در اینجا تصاویر شماتیکی از میله‌گرد یا آرماتور با مقاطع دایرهٔ ساده (میله‌گرد ساده) در سمت چپ و میله‌گرد با مقطع دایرهٔ عاجدار) در سمت راست نشان داده می‌شود. از میلگردهای عاجدار برای افزایش میزان چسبندگی بین آرماتور و بتن استفاده می‌شود.



در سمت چپ تصویر شماتیکی از میلگرد و در | ساده

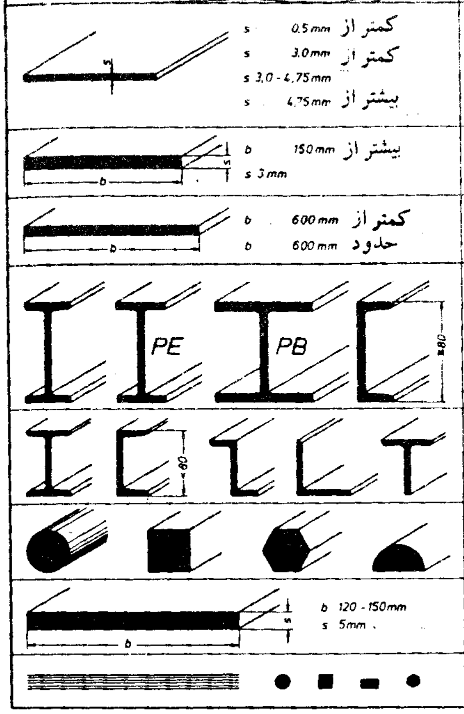
سمت راست میلگرد نشان داده می‌شود. به منظور پیوستگی بهتر بین میلگرد و بتن از میلگرد استفاده می‌شود.	عاجدار عاجدار
 در شکلهای بالا تصاویری از میلهٔ گرد، میلهٔ چهارگوش، میلهٔ شش گوش و میلهٔ نیم‌گرد دیده می‌شود.	
 در اینجا تصویری از یک ورق دیده می‌شود. ورق‌های فولادی دارای ضخامت و ابعاد متفاوتی هستند به‌طوری که ورق‌های نازک با ضخامت کمتر از ۰/۴ میلیمتر و بیشتر از ۴/۷۵ میلیمتر نیز ساخته می‌شوند. به‌طور کلی با کم شدن ضخامت ورق همچنین ابعاد ورق نیز کوچکتر می‌شود.	
 پهنای این ورق فولادی حدود ۶۰۰ میلیمتر می‌باشد که به آن	

«تسمه» می‌گویند. تسمه‌ها با عرض ۱۰ تا ۱۲۰۰ میلیمتر با طول‌های مختلفی ساخته می‌شود. فولاد تسمه که جزو یکی از انواع فولادهای .... محسوب می‌شود در اسکلت ساختمان‌ها به کار می‌رود.	ساختمانی
 آیا شکل بالا تصویری از یک تسمه را نشان می‌دهد؟ بله یا خیر؟ در اینجا یکی از انواع تیر آهن به نام تیرآهن باریک I مشاهده می‌شود.	خیر
 در اینجاتصویر شماتیکی‌از .... دیده‌می‌شود. به .... همچنین نیمرخ نرمال نیز گفته می‌شود که با علامت I یا INP نشان می‌دهند.	تیرآهن باریک I تیرآهن باریک I



در اینجا تصویری از دیده‌می‌شود.	تیرآهن ناودانی]
را همچنین نیمرخ ناودانی نرمال	تیرآهن ناودانی]
نیز می‌نامند که با علامت U یا UNP نشان داده می‌شود.	
در ساختن ستون‌ها و پل‌های زیر	تیرآهن ناودانی]
به کار می‌رود.	

انواع فولادهای ساختمانی



	علامت	شکل فولادهای ساختمانی
ورق و تسمه	ورق فولادی	s کمتر از 0.5mm s کمتر از 3.0mm s 3.0 - 4.75mm s بیشتر از 4.75mm
	آهن تسمه	b بیشتر از 150mm s 3mm
	تسمهٔ فولادی	b کمتر از 600mm b حدود 600mm
پروفیلهای ساختمانی	تیرآهن	
	میلهٔ فولادی	b 120 - 150mm s 5mm
	سیم فولادی نازکتر از 5mm	

شکل دادن به‌فولاد

برای شکل دادن به فولاد از روش‌های مختلفی مانند روش ریختن، آهنگری، پرس کردن، کشیدن و نورد زدن استفاده می‌شود.

به منظور شکل دادن به فولاد با استفاده از روش نورد زدن

باید فولاد را تا گرمای ۱۳۰۰ درجه سرخ کنند تا به صورت فولاد سرخ شدهٔ خمیری شکلی تبدیل شود. سپس خمیر سفت فولاد را نورد می‌زنند تا به شکل دلخواه در آید.

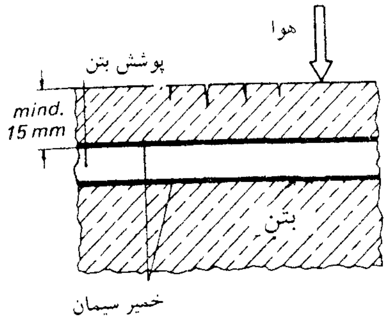
عمل نورد گرم باعث ریزدانه شدن ذرات فولاد می‌شود که در نتیجه میزان مقاومت و شکل‌پذیری فولاد   شده و | بیشتر
علاوه بر آن در اثر عبور فولاد سرخ شدهٔ خمیری با سرعت و فشار از میان فضای مابین دو غلطک دوار، حباب‌های هوا و گاز که در موقع ریختن در شمش وجود داشتند، خارج شده و نتیجتاً فولاد از تراکم بیشتری برخوردار می‌شود. | پروفیل‌های ساختمانی
و   و   ضخیم‌تر از ۳ میلیمتر را نیز | تسمه ـ ورق‌های فولادی
گرم نورد می‌زنند.

ساخت فولاد بتن

به منظور ساختن فولاد بتن مانند میلگردهایی که ضخامت مقاطع آنها از 5mm بیشتر است، از روش   استفاده | نورد سرد
می‌شود. اما چون فولاد را نورد می‌زنند، قطعه فولادی ترد و شکننده می‌شود. حال برای آنکه از تردی فولاد جلوگیری شود، به قطعه تا حد سرخ شدن گرما می‌دهند و سپس قطعهٔ فولادی را به آهستگی سرد می‌کنند و آن را می‌کشند. روش   باعث | نورد سرد
افزایش مقاومت کششی در فولاد بتن می‌شود. اما این در صورتی که مقاطع میلگرد کمتر از 5mm باشد، روش   مورد | کشیدن
استفاده قرار می‌گیرد. چون فولاد را در حالت سرد می‌کشند، اگر چه مقاومت کششی فولاد افزایش می‌یابد اما در فولاد تردی ایجاد می‌شود. در نتیجه برای جلوگیری از ایجاد پارگی در هنگام کشیدن فولاد، گاهی اوقات به آن حرارت داده می‌شود.

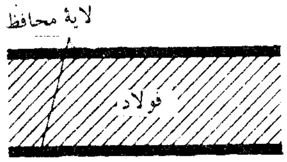
آرماتورها به‌صورت میلگرد   و میلگرد | ساده ـ عاجدار

تولید می‌شوند و میلگـردهای برای افزایش میزان چسبندگی بین بتن و فولاد به کار می‌رود. آرماتورها با مقاطع مختلفی مانند میله‌گرد، میله چهارگوش، میله شش‌گوش و میله نیم‌گرد نیز ساخته می‌شوند.	عاجدار



آیا در اینجا میلگرد در بتن مسلح در مقابل .... ناشی از هوا می‌تواند مقاومت داشته باشد؟ بله یا خیر؟	حوردگی بله
در بتن مسلح وجود لایه‌ای از بتن روی فلز که باعث پیوستگی بین فلز و بتن می‌شود، همچنین فولاد را نیز در مقابل .... ناشی از هوا محافظت می‌کند. پوشش بتن برای نگهداری و محافظت فولاد در برابر .... به کار می‌رود زیرا همان‌طور که می‌دانید سیمان در بتن به عنوان یک مادهٔ چسباننده عمل می‌کند و در نتیجه باعث چسبندگی بین سنگدانه‌ها و خمیر سیمان می‌شود.	خوردگی خوردگی
بنابراین با مسلح کردن میلگردها یا شبکه‌های فولادی توسط بتن، علاوه بر اینکه پیوستگی مناسبی بین فولاد و بتن ایجاد می‌شود، همچنین .... بتن به‌صورت لایه‌ای محافظ فولاد را در برابر عواملی مانند اکسید شدن، تاثیر مواد شیمیایی و آتش‌سوزی محافظت می‌کند. علاوه بر فولاد بتن، فلزات ساختمانی نیز در مجاورت رطوبت و مواد شیمیایی قرار می‌گیرند که برای محافظت فلز در	پوشش

مقابل خوردگی ناشی از عوامل طبیعی مانند هوا باید عمل حفاظت از فلز انجام شود.



در شکل بالا فولاد توسط لایه‌ای محافظ در مقابل زنگ‌زدگی محافظت می‌شود به طوری که مواد روکشی فولاد می‌تواند از جنس مواد فلزی یا غیرفلزی باشد. عمل حفاظت از فلزات در مقابل زنگ‌زدگی به وسیلهٔ آبکاری یا سرنج زدن نیز انجام می‌شود.

همچنین با اضافه کردن عناصر آلیاژی خاصی به فلز نیز از خوردگی فولاد جلوگیری می‌شود.

همچنین برای آنکه مقامت فلز در مقابل خوردگی افزایش یابد، از قلع یا روی نیز استفاده می‌شود به‌طوری که با روکش کردن ورق فولاد توسط روی، آهن سفید می‌سازند و با به‌کاربردن قلع بر روی‌ورق‌فولاد، حلبی ساخته می‌شود.

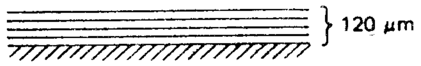
پوشش - پوشش

پوشش

حال اگر بخواهند از زنگ‌زدگی قطعه فولادی مانند سیم‌های فولادی جلوگیری شود، در آن صورت با غوطه‌ور شدن آنها در داخل حوضچه ذوب، سیم‌های فولادی را روی اندود می‌کنند.

در صورتی که سطح رویی ورق فولادی با پوشش روی، روکش شود در آن صورت به این عمل «روکش کردن»

گفته می‌شود. با .... کردن ورق فولاد، آهن سفید می‌سازند و حلبی نیز با .... کردن ورق فولاد ساخته می‌شود.	روی اندود قلع اندود
بدین ترتیب به‌منظور حفاظت قطعات فولادی مانند تسمه، سیم‌های فولادی، ورق فولاد نیز سطح رویی آنها را به کمک روی یا قلع، .... یا .... می‌کنند. بدین صورت که با غوطه‌ور شدن به‌طور مثال سیم‌های فولادی در داخل حوضچهٔ ذوب با درجه حرارت تقریباً ۴۵۰°C، سطح رویی سیم‌ها با روکش روی پوشانیده می‌شود. بنابراین با پوشش قلع یا روی، سطح رویی قطعهٔ فولادی در برابر خوردگی محافظت می‌شود که به این عمل .... گفته می‌شود.	روی‌اندود ـ قلع‌اندود روکش کردن
اگر چه قطعات فولادی به وسیلهٔ روکش کردن در برابر خوردگی محافظت می‌شوند اما برای جلوگیری از زنگ‌زدگی فلزات ساختمانی که در مجاورت رطوبت و مواد شیمیایی قرار می‌گیرد، به‌کمک عمل‌آبکاری یا .... فلز رنگ‌آمیزی می‌شود.	سرنج‌زدن
رنگ‌آمیزی فولاد به دو قسمت «رنگ اساس» و «رنگ رویی» تقسیم‌بندی می‌شود به‌طوری که رنگ اساس و رنگ رویی نیز هرکدام شامل دو لایه رنگ می‌باشد و هر لایه رنگ نیز از یک مادهٔ چسبنده و یک مادهٔ رنگی تشکیل شده است. رنگ اساس دارای خاصیت چسبندگی می‌باشد در حالی که رنگ رویی می‌تواند در مقابل آب، اثر مواد شیمیایی و اشعهٔ	

ماوراء بنفش مقاومت داشته باشد.	
با رنگ‌آمیزی سطح رویی فولاد از زنگ‌زدگی فلز جلوگیری می‌شود به‌طوری‌که‌این رنگ‌آمیزی به‌دو قسمت و تقسیم‌بندی می‌شود. به‌منظور محافظت از زنگ زدگی‌فلز، شامل دو لایه‌رنگ می‌باشد و نیز از دو لایه رنگ تشکیل می‌شود:	رنگ اساس رنگ رویی رنگ‌اساس ـ رنگ‌رویی
 ضخامت کل لایه‌های رنگ که شامل دو لایه و و دو لایه می‌باشد، می‌تواند ۱۲۰میکرون باشد. اگر چه در محیط‌های مختلف ضخامت کل رنگ‌ها مانند محیط‌های تمیز و دهات و یا محیط شهرها و یا محیط‌های صنعتی از ۱۴۰ تا ۲۵۰ میکرون با یکدیگر تفاوت دارد.	رنگ اساس رنگ رویی

«فلزات صنعتی»

علاوه بر آهن، فلزات دیگری نظیر آلومینیوم، مس، سرب و روی نیز وجود دارند که جزو پرمصرف‌ترین فلزات صنعتی هستند.

بعضی از فلزات سبک و بعضی دیگر فلزاتی سنگین هستند مانند آلومینیوم که فلزی نرم و سبک است با وزن مخصوص $2/64 t/m^3$ در حالی که اگر چه سرب جزو نرم‌ترین فلز صنعتی محسوب می‌شود اما سنگین‌ترین فلز صنعتی است که دارای وزن مخصوص $11/34 t/m^3$ می‌باشد.

آلومینیوم که یکی از انواع فلزات ساختمانی می‌باشد، پس از آهن در ساختمان‌های فلزی کاربرد زیادی دارد به‌طوری که مصرفش روز به‌روز در صنعت افزایش می‌یابد. به‌طور مثال در سال ۱۹۷۰ در آلمان غربی ۱۱۲/۲۰۰ تن آلومینیوم مصرف شده است.

آلومینیوم براساس DIN 1712

این فلز صنعتی به‌صورت نیمرخ‌های آلومینیومی مانند ورق، فویل، تسمه، نبشی، شمش، لوله و سیم ساخته می‌شود.

خصوصیات آلومینیوم

آلومینیوم فلزی است نرم به رنگ سفید نقره‌ای که به خوبی قابلیت شکل‌پذیری دارد. وزن مخصوص این فلز سبک تقریباً $\frac{1}{3}$ وزن مخصوص فولاد است که به همین علت در مواردی که باید قطعه سبک باشد، مانند هواپیما از آلیاژ آلومینیوم استفاده می‌شود و یا به عنوان عایق رطوبتی از ورق نازک آلومینیوم برای برگ دور بستهٔ سیگار مصرف می‌شود. اما چون فلز آلومینیوم مانند فولاد مقاومت زیادی ندارد از آلیاژهای آلومینیوم در موارد گوناگون استفاده می‌شود مانند ساختن در و پنجره، نرده، پوشش بام و در ساختمان‌سازی برای بارگذاری‌های سنگین نیز کاربرد دارد. این فلز ساختمانی در هوای خشک زنگ نمی‌زند و در اثر وجود رطوبت نیز فقط لایهٔ نازکی از اکسید روی فلز را می‌پوشاند به‌طوری که قشر زنگ زده بقیهٔ فلز را از زنگ زدگی محافظت می‌کند.

اگر چه آلومینیوم در مجاورت هوای خشک و در برابر دی‌اکسید گوگرد و اسید کربنیک فلز مقاومی است اما در مجاورت با آهک هیدراته نشده و ملات سیمان و بتن باید محافظت شود.

موارد مصرف آلومینیوم

چون آلومینیوم خالص و بعضی از آلیاژهایش در مقابل مواد شیمیایی و تاثیرات جوی فلزی مقاوم است به‌طوری که حتی آلومینیوم خالص به آسانی قابلیت شکل‌دهی دارد، بدین جهت در صنعت ساختمان‌سازی کاربرد فراوانی دارد. خاصیت مقاومت آلومینیوم در مقابل رطوبت و سبکی این فلز باعث شده که بعد از آهن در ردیف پر مصرف‌ترین فلز صنعتی و ساختمانی قرار گیرد. از آلومینیوم در ساختن پوشش شیروانی، ناودان و آبدار آن، در و پنجره، سیم برق، تزئینات و در ساختمان‌های فلزی مصرف می‌شود و به علت وجود مقاومت کششی در بعضی از آلیاژهای آلومینیوم، از آن در ساختن پل‌ها نیز استفاده می‌شود.

مس بر اساس DIN 1708

خصوصیات مس

با اینکه مس مانند آلومینیوم فلزی است نرم و قابل انعطاف به‌طوری که ورق مسی قابل تا شدن می‌باشد اما در مقایسه با آلومینیوم مقاومت کمتری دارد. میزان مقاومت کششی مس به ۲۵۰N/mm^2 می‌رسد، جریان برق را خوب هدایت می‌کند و حرارت را نیز به خوبی انتقال می‌دهد. این فلز سرخ رنگ و جلاپذیر اگر در هوای خشک مدتی بماند، اکسید می‌شود به‌طوری که اکسید مس به صورت قشری نازک و سیاه رنگ روی آن را می‌پوشاند و به تدریج در اثر نفوذ در مس به‌صورت کربنات مس سبز رنگی تبدیل می‌شود که از زنگ زدن بقیه فلز مس جلوگیری می‌کند.

اگر چه مس در مقابل تاثیرات جوی، آهک هیدراته نشده و ملات سیمان مقاوم می‌باشد اما اسیدها، جوهر سرکه و حتی آب نمک نیز باعث خوردگی فلز می‌شود.

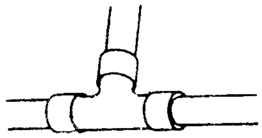
موارد مصرف مس

بر خلاف آلومینیوم، فلز مس به علت مقاومت کمی که دارد، برای بارگذاری‌های سنگین مورد مصرف قرار نمی‌گیرد. اما چون مس فلزی است مقاوم در مقابل خوردگی و به آسانی قابلیت نوردزدن دارد، در ساختمان مصرف می‌شود. از ورق‌های مسی برای پوشش شیروانی و آب‌بندی بام‌ها، ساختن ناودان، لولهٔ گاز، آب و لوله‌های بخار و کارهای تزئیناتی استفاده می‌شود.

آلیاژ مس براساس DIN 1718

با ترکیب مس با فلزات دیگر آلیاژهای مقاومی می‌سازند که به آسانی به‌صورت نیمرخ‌های گوناگون نوردزده می‌شود.

- «برنج» آلیاژی از مس است که از ترکیب مس و روی به دست می‌آید.
- «مسوار» نیز آلیاژی است از مس که دارای مس، روی، قلع و سرب می‌باشد. این آلیاژ را که «برنج سرخ» نیز می‌نامند در مقابل خوردگی مقاومت دارد و از آن لوله‌های آب، گاز و بخار ساخته می‌شود.



استفاده از لوله‌های مسی در تاسیسات

سرب بر اساس DIN 1719

خصوصیات سرب

سرب سنگین‌ترین فلز صنعتی است که به علت نرمی زیادی که دارد به خوبی می‌توان آن را شکل داد و قابلیت تاکردن دارد و حتی در حالت سرد نیز می‌توان آن را برید. رنگش خاکستری مایل به آبی است و در صورتی که قطعه‌ای از آن را با چاقو ببرند، جای بریده شدهٔ آن به رنگ سفید نقره‌ای می‌باشد و جلا دارد.

اگر چه نرمی سرب به حدی است که با دست خراش بر می‌دارد اما در صورت اضافه

کردن آنتیموآن به سرب از آن آلیاژ سخت و مقاومی به دست می‌آید.

چون عبور آب‌های حاوی Co_2 از لوله‌های سربی باعث تشکیل کربنات سرب می‌شود که ماده‌ای سمی است، به همین علت جدارهٔ لوله‌های سربی را با قشر نازکی از روی می‌پوشانند.

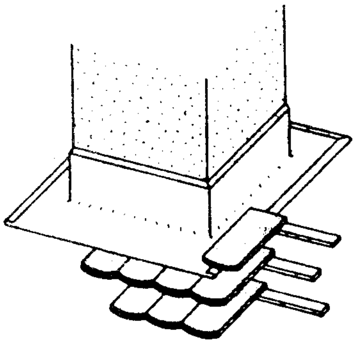
از مهم‌ترین خواص سرب مقاومت این فلز در برابر اشعهٔ رادیواکتیو می‌باشد. از جمله خصوصیات دیگر سرب اینست که در مجاورت هوا اکسید می‌شود. به طوری که لایهٔ نازکی از اکسید خاکستری روی سرب را می‌پوشاند که از زنگ‌زدن بقیه فلز جلوگیری می‌کند.

اگر چه سرب در مقابل مواد شیمیایی فلز مقاومی می‌باشد اما جوهر شوره و جوهر سرکه در سرب خوردگی ایجاد می‌کند و هر چند که ملات گچ در سرب تاثیر ندارد اما سرب در مجاورت ملات سیمان و آهک نباید قرار بگیرد.



موارد مصرف سرب

به علت مقاومت زیاد سرب در مقابل مواد شیمیایی و همچنین نرمی و قابل انعطاف بودن سرب در ساختمان‌سازی نیز کاربرد زیادی دارد. فلز سرب به صورت سیم و لوله ساخته می‌شود و برای لحیم‌کردن و جوش دادن و از ورق سربی برای آب‌بندی کردن بام‌ها و گوشه‌های بام استفاده می‌شود و حتی در شومینه نیز به کار می‌رود. از آلیاژهای این فلز رنگهای سربی نیز می‌سازند.



استفاده از ورق سربی در شومینه

ـ لطفاً جاهای خالی را در جدول زیر با توجه به متن «فلزات صنعتی» کامل کنید:

	آلومینیوم	مس	سرب
علائم اختصاری	Al	Cu	Pb
شمارهٔ DIN	....	....	....
وزن مخصوص	....	....	....
سختی	....	....	....
قابلیت انبساط	....	....	....
قابلیت شکل‌دهی	....	....	....
استحکام	....	....	....
مقاومت کششی	....	....	....
مقاومت در برابر خوردگی	....	....	....
	....	....	....
حساسیت در برابر	....	....	....
	....	....	....
	....	....	....
موارد مصرف	....	....	....
	....	....	....
	....	....	....

	آلومینیوم	مس	سرب
رنگ	....	....	....
کاربرد آلیاژها	....	....	....
	....	....	....
	....	....	....
	....	....	....

	آلومینیوم	مس	سرب
علائم اختصاری	Al	Cu	Pb
شمارهٔ DIN	1712	1708	1719
وزن مخصوص	$2/7\ Kg/dm^3$	$8/93\ Kg/dm^3$	$11/34\ Kg/dm^3$
سختی	بسیار کم	بسیار کم	بسیار کم
قابلیت انبساط	زیاد (دراثرگرما بازمی‌شود)	زیاد	زیاد
قابلیت شکل‌دهی	خوب	خوب	خوب
استحکام	کم	کمتر از آلومینیوم	کم
مقاومت کششی	$120\ N/mm^2$	$250\ N/mm^2$	—
مقاومت در برابر خوردگی	خوب	خوب	متوسط
حساسیت در برابر	جوهرنمک، جوهرگوگرد، جوهرشورهٔ رقیق، قلیاییها، $Ca(oH)_2$	جوهرنمک، جوهرسرکه، اسیدها مانند اسید سولفوریک در صورت وجود هوا	جوهر شوره، جوهر سرکه، قلیاییها، ملات آهک و سیمان
موارد مصرف	پوشش‌بام، ناودان‌سازی و آبداده‌اش، ورق‌های آلومینیومی نازک برای آب‌بندی، تزئینات دیوارهای درون ساختمان، در و پنجره، نرده، وسایل قابل حمل مانند دوربین عکس‌برداری، ماشین حساب، سیم برق	سیم‌مسی، ورق‌های مسی برای آب‌بندی بام و پوشش شیروانی و مکان‌های مرطوب، لوله‌های آب گرم، تزئینات	برای آب‌بندی‌کردن بام، آب‌بندی‌شومینه‌ودریچهٔ شیروانی، سیم‌برق، لولهٔ سربی، آبریزها، برای‌جلوگیری از اشعهٔ رادیواکتیو در اتاق‌های عکس‌برداری، رنگ‌های سربی

سرب	مس	آلومینیوم	
خاکستری مایل به‌آبی - جای قطعه بریده شده به‌رنگ سفید نقره‌ای	سرخ‌رنگ و جلاپذیر	سفید نقره‌ای	رنگ
	لوله‌های آب‌وبخار آب و گاز،سوپاپ،کارهای‌تزئینی	در، پنجره، نرده، شبکه، ورق، نیمرخ، پل‌سازی	کاربرد آلیاژها

«تاثیر خوردگی و فرسودگی در فولاد»

مفهوم «خوردگی» و «فرسودگی» براساس DIN 50900 همان تاثیرات شیمیایی و یا الکترو شیمیایی بر روی سطح فولاد می‌باشد که باعث فرسودگی و خوردگی در فلز می‌شوند. اگر چه «خوردگی» و «فرسودگی» در غیر فلزات نیز مانند چوب، بتن و سنگ نیز وجود دارد اما اثر «خوردگی» و «فرسودگی» در فلزات به صورت زنگ‌زدگی مشاهده می‌شود.

خوردگی فولاد به علت عوامل مختلفی مانند اکسیژن هوا، رطوبت، گازهای حاصل از سوخت‌های فسیلی، دود اگزوز اتومبیل‌ها و صنایع شیمیایی نیز ایجاد می‌شود.

علاوه بر تاثیر رطوبت بر روی فولاد که باعث اکسیده شدن فولاد می‌شود، همچنین وجود کلریدها، سولفات‌ها مانند سولفات کلسیم و ترکیبات گوگردی نیز باعث تشدید اکسیداسیون در فلز می‌شوند از جمله دی‌اکسید گوگرد So_2 در مکان‌های مرطوب که باعث تشکیل اسید سولفوریک می‌شود.

طراحی شکل سازه‌ها

به منظور حفاظت فلز در مقابل خوردگی باید در طراحی سازه‌های فولادی برآمدگی زیادی وجود نداشته باشد و حتی الامقدور سوراخ‌ها و شکاف‌ها و یا درزهای موجود در سازه پوشانیده شوند در غیر این‌صورت فلز دچار خوردگی می‌شود. همچنین طراحی شکل‌سازه‌ها به گونه‌ای باشد که قابل تمیز کردن، قابل دسترسی و قابل رنگ‌آمیزی باشد. همچنین باید سازه از کثافات و آلودگی‌ها و نیز مواد شیمیایی دور نگه داشته شود و حتی‌الامکان در سازه‌هایی که امکان جمع شدن آب و یا تشکیل عرق و بخار وجود دارد، به‌منظور خروج آب سوراخ‌هایی تعبیه شود.

در ساختمان‌های بتن‌آرمه (حفاظت فولاد در مقابل خوردگی براساس DIN 1045)

پوشش بتن با تشکیل لایه‌ای محافظ از دی‌اکسید کربن بر روی سطح فولاد می‌تواند از خوردگی فلز جلوگیری کند به‌طوری که حالت قلیایی هیدرات کلسیم $Ca(oH)_2$ عمل

خنثی‌سازی را انجام می‌دهد. محافظت آرماتورها در مقابل خوردگی به این دلیل به‌وجود می‌آید که ترکیب اسید کربنیک هوا H_2Co_3 با هیدرات کلسیم $Ca(oH)_2$ منجر به تشکیل کربنات کلسیم $CaCo_3$ می‌شود. در صورت نفوذ کلرورها تا محل آرماتورها مانند کلرورکلسیم که به عنوان «افزودنی» سخت شدن بتن را تسریع می‌کند، در شرایطی که آب و اکسیژن نیز موجود می‌باشد می‌تواند باعث خوردگی بتن شود.

رنگ‌آمیز در فلزات ساختمانی

چون فلزات ساختمانی در اثر رطوبت و مواد شیمیایی دچار زنگ‌زدگی می‌شوند به‌منظور حفاظت فلز از زنگ‌زدن از مواد روکشی فولاد مانند مواد رنگی نیز استفاده می‌شود به‌طوری که به کمک سرنج زدن و یا رنگ‌آمیزی از فلز محافظت می‌شود. رنگ اساس به علت خاصیت چسبندگی می‌تواند با نفوذ و پر کردن سطح فلز تاثیر مثبتی در مقابل خوردگی داشته باشد و رنگ رویی نیز در مقابل رطوبت، اشعهٔ ماوراء بنفش و مواد شیمیایی به عنوان لایه‌ای محافظ عمل می‌کند.

- لطفاً با توجه به متن «تاثیرات خوردگی و فرسودگی در فولاد» جاهای خالی را در متن زیر پر کنید:

مفهوم «خوردگی» و «فرسودگی» براساس DIN 50900 همان تاثیرات و یا بر روی سطح فولاد می‌باشد که باعث فرسودگی و خوردگی در فلز می‌شود. اگر چه «خوردگی» و «فرسودگی» در غیر فلزات نیز مانند چوب، بتن و سنگ نیز وجود دارد اما اثر «خوردگی» و «فرسودگی» در فلزات به صورت زنگ‌زدگی مشاهده می‌شود.

خوردگی فولاد به علت عوامل مختلفی مانند اکسیژن هوا، رطوبت، ، و نیز ایجاد می‌شود.

علاوه بر تاثیر رطوبت بر روی فولاد که باعث اکسیده شدن فولاد می‌شود، همچنین وجود ، مانند و ترکیبات گوگردی نیز باعث تشدید اکسیداسیون در فلز می‌شوند از جمله دی‌اکسید گوگرد So_2 در مکان‌های مرطوب که باعث تشکیل می‌شود.

به منظور حفاظت فلز در مقابل خوردگی باید در طراحی سازه‌های فولادی برآمدگی زیادی وجود نداشته باشد و حتی الامقدور سوراخ‌ها و شکاف‌ها و یا درزهای موجود در سازه پوشانیده شوند در غیر این‌صورت فلز دچار خوردگی می‌شود. همچنین طراحی شکل سازه‌ها به گونه‌ای باشد که قابل ، قابل و قابل باشد. همچنین باید سازه از و و نیز دور نگه داشته شود و حتی‌الامکان در سازه‌هایی که امکان جمع شدن آب و یا تشکیل عرق و بخار وجود دارد، به‌منظور خروج آب سوراخ‌هایی تعبیه شود.

پوشش بتن با تشکیل لایه‌ای محافظ از بر روی سطح فولاد می‌تواند از خوردگی فلز جلوگیری کند به‌طوری که حالت قلیایی هیدرات کلسیم $Ca(oH)_2$ عمل خنثی‌سازی را انجام می‌دهد. محافظت آرماتورها در مقابل خوردگی به این علت به‌وجود می‌آید که ترکیب با هیدرات کلسیم $Ca(oH)_2$ منجر به تشکیل می‌شود. در صورت نفوذ تا محل آرماتورها مانند کلسیم که به عنوان «افزودنی» سخت شدن بتن را تسریع می‌کند، در

شرایطی که آب و اکسیژن نیز موجود می‌باشد می‌تواند باعث خوردگی بتن شود.

چون فلزات ساختمانی در اثر رطوبت و مواد شیمیایی دچار زنگ‌زدگی می‌شوند به‌منظور حفاظت فلز از زنگ‌زدن از مواد فولاد مانند مواد رنگی نیز استفاده می‌شود به‌طوری که به کمک سرنج زدن و یا رنگ‌آمیزی از فلز محافظت می‌شود. رنگ اساس به علت خاصیت چسبندگی می‌توان با نفوذ و پر کردن سطح فلز تاثیر مثبتی در مقابل خوردگی داشته باشد و رنگ رویی و نیز در مقابل ، و مواد به عنوان لایه‌ای محافظ عمل می‌کند.

فصل پنجم

چوب

«چوب»

چوب در ساختمان‌سازی بسیار مورد مصرف قرار می‌گیرد زیرا:

- کارکردن با چوب آسان است
- با وجود وزن حجمی کمی که دارد، از مقاومت زیادی برخوردار است.
- قابلیت عایق‌بندی خوبی در برابر گرما و سرما دارد
- دارای رنگ‌ها، نقش‌ها و ابعاد مختلفی می‌باشد
- از چوب برای کارهای تزئیناتی و نماسازی استفاده می‌شود

وزن مخصوص ظاهری چوب با توجه به رابطه بین وزن به حجم چوب بدست می‌آید که بر حسب gr/cm^3 محاسبه می‌گردد. وزن مخصوص چوب به مقاومت، درجه سختی و مدول الاستیسیته چوب بستگی دارد. از آنجائی که وزن مخصوص ظاهری چوب با در نظر گرفتن مقدار تخلخل چوب محاسبه می‌شود در نتیجه اگرچه مقدار حجم وزن مخصوص ظاهری از میزان حجم وزن مخصوص حقیقی چوب بیشتر است اما میزان وزن مخصوص ظاهری چوب از وزن مخصوص حقیقی چوب خیلی کمتر می‌باشد و بدین ترتیب وزن مخصوص چوب با توجه به میزان تخلخل چوب و میزان جذب آب و رطوبت هوا سنجیده می‌شود.

به‌طورکلی هر چه وزن مخصوص چوب بیشتر شود، مقاومت چوب افزایش می‌یابد و چوب میزان بار بیشتری را می‌تواند تحمل کند.

به‌طور کلی مقاومت کششی چوب به تارها یا همان سلول‌های بافت چوب بستگی دارد و چون جهت تارهای چوب اصولا موازی با جهت محور اصلی درخت می‌باشد، در نتیجه مقاومت کششی چوب در جهت طولی بیشتر است. در هر نقطه‌ای از چوب که با توجه به حلقه‌های رشد سالیانهٔ درخت در نظر گرفته شود، سه محور در امتداد طولی، شعاعی و مماسی را می‌توان در نظر گرفت به طوری که مقاومت کششی چوب در جهت الیاف دارای بیشترین مقدار و در جهت عمود بر الیاف چوب کمترین مقدار را دارد.

مقاومت فشاری چوب را اگر در سه جهت عمود بر الیاف چوب و موازی با الیاف چوب و یا در جهت مایل بر الیاف در نظر بگیریم، میزان مقاومت فشاری چوب در جهت

موازی با الیاف بسیار بیشتر از جهت عمود بر الیاف چوب است.

رفتار ارتجاعی چوب نسبتاً زیاد است به طوری که در صورت بارگذاری بسیار زیاد، چوب دوباره به شکل اولیه خود باز می‌گردد. این قابلیت ارتجاعی چوب بصورت مدول الاستیسته بیان می‌شود (بطور مثال مدول الاستیستیه فولاد $200,000\ N/mm^2$ و مدل الاستیسیته چوب 7000 تا $17000\ N/mm^2$ و مدول الاستیسیته کائوچو $1N/mm^2$ می‌باشد.)

میزان مدول الاستیسیتهٔ چوب با افزایش وزن مخصوص ظاهری چوب بیشتر می‌شود و با افزایش میزان رطوبت چوب و درجهٔ حرارت کاهش می‌یابد. در صورت بارگذاری دراز مدت بر روی چوب به مرور زمان میزان مقاومت چوب کاهش می‌یابد و در صورتی که مدول ارتجاعی چوب از حدی تجاوز نماید که تغییرات غیرقابل برگشت در چوب ایجاد گردد، چوب گسیخته می‌شود بنابراین در ازاء حد معینی از فشار، چوب به شکل اولیه خود بازمی‌گردد که در این حد چوب قابلیت برگشت‌پذیری دارد به طوری که به آن «حد ارتجاعی» یا «حد الاستیسیته» می‌گویند اما در صورتی که میزان فشار از این حد تجاوز نماید چوب حتی در صورت حذف نیرو نیز دیگر حالت برگشت‌پذیری ندارد و به حالت اولیه خود باز نمی‌گردد که به آن «تغییر شکل دائمی» گفته می‌شود و چنانچه افزایش اعمال نیرو همچنان ادامه یابد، چوب بر مرحلهٔ «گسیختگی» وارد می‌شود. تحمل و پایداری چوب در برابر فشار و خمش تدریجی بسیار خوب است که این یکی از امتیازات برتر چوب نسبت به مصالح دیگر محسوب می‌شود به طوری که در یک تیر چوبی در اثر اعمال نیرو تیرچوبی کمانه می‌کند و دوباره به حالت اولیه خود بازمی‌گردد که در این حالت تیر چوبی تحت تاثیر نیروی خمش قرار گرفته است.

به علت وجود خلل و فرج در ساختمان چوب قابلیت هدایت گرمائی چوب زیاد نیست در حالی که چوب مقاوم در برابر گرماست. قابلیت هدایت حرارتی چوب در رابطهٔ $W=\frac{\lambda(t_2-t_1)A}{d}$ بیان می‌شود به‌طوری که در این رابطه λ ضریب هدایتی حرارتی t_2,w/mk درجه حرارت سطح گرم (°c)، t_1 درجه حرارت سطح سرد(°c)، A سطح مقطع چوب که عمود بر جهت انتقال حرارت m_2 می‌باشد و d فاصله بین دو سطح m است. به‌منظور نشان‌دادن قابلیت هدایت حرارتی چوب از عامل ضریب هدایتی حرارتی

استفاده می‌شود به‌طوری که ضریب هدایت حرارتی چوب از ۰/۰۱ تا ۰/۳w/mk می‌رسد. قابلیت هدایت حرارتی چوب به ساختمان چوب، وزن مخصوص و رطوبت چوب بستگی دارد به‌طوری که هر چه وزن چوب کمتر باشد، قابلیت هدایت حرارتی آن نیز کاهش می‌یابد.

با توجه به متن «چوب» جاهای خالی را در این متن پر کنید:

چوب در ساختمان‌سازی بسیار مورد مصرف قرار می‌گیرد زیرا:

- کارکردن با چوب آسان است.
- با وجود وزن حجمی که دارد، از مقاومت برخوردار است.
- قابلیت عایق‌بندی خوبی در برابر گرما و سرما دارد
- دارای رنگ‌ها، نقش‌ها و ابعاد مختلفی می‌باشد.
- از چوب برای کارهای تزئیناتی و نماسازی استفاده می‌شود.

چوب با توجه به رابطه بین وزن به حجم چوب دست می‌آیدکه بر حسب gr/cm^3 محاسبه می‌گردد. به مقاومت، درجه سختی و مدول الاستیسیتهٔ چوب بستگی دارد. از آنجائیکه چوب با در نظرگرفتن مقدار تخلخل چوب محاسبه می‌شود در نتیجه اگر چه مقدار حجم از میزان حجم چوب بیشتر است اما میزان از چوب خیلی کمتر می‌باشد و بدین ترتیب چوب با توجه به میزان تخلخل چوب و میزان جذب آب و رطوبت هوا سنجیده می‌شود به طور کلی هرچه چوب بیشتر شود، مقاومت چوب افزایش می‌یابد و چوب میزان بار بیشتری را می‌تواند تحمل کند.

به‌طور کلی چوب به تارها یا همان سلول‌های بافت چوب بستگی دارد و چون جهت تارهای چوب اصولا موازی با جهت محور اصلی درخت می‌باشد در نتیجه چوب در جهت طولی بیشتر است. در هر نقطه‌ای از چوب که با توجه به حلقه‌های رشد سالیانه درخت در نظرگرفته شود سه محور در امتداد طولی شعاعی و مماسی را می‌توان در نظرگرفت به طوری که چوب در جهت الیاف دارای بیشترین مقدار و در جهت عمود بر الیاف چوب کمترین مقدار را دارد.

چوب را اگر در سه جهت عمود بر الیافت چوب و موازی با الیاف چوب و یا در جهت مایل بر الیاف در نظر بگیریم میزان چوب در جهت موازی با الیاف بسیار بیشتر از جهت عمود بر الیاف چوب است.

رفتار ارتجاعی چوب نسبتا زیاد است به طوری که در صورت بارگذاری بسیار زیاد چوب دوباره به شکل اولیه خود بازمی‌گردد. این قابلیت ارتجاعی بصورت مدول

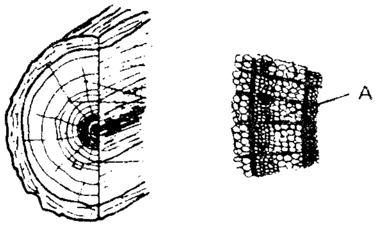
الاستیسیته بیان می‌شود (به‌طور مثال مدول الاستیسیتهٔ فولاد ^{2}Nmm۲۰۰/۰۰۰ و مدول الاستیسیته چوب ۷۰۰۰ تا ^{2}N/mm۱۷۰۰۰ و مدول الاستیسیته کائوچو ^{2}N/mm۱ می‌باشد)

میزان مدول الاستیسیته چوب با افزایش وزن مخصوص ظاهری چوب می‌شود و با افزایش میزان رطوبت چوب و درجه حرارت می‌یابد.

در صورت بارگذاری دراز مدت بر روی چوب به مرور زمان میزان مقاومت چوب می‌یابد و در صورتی که مدول ارتجاعی چوب از حدی تجاوز نماید که تغییرات غیرقابل برگشت در چوب ایجاد گردد چوب گسیخته می‌شود. بنابراین در ازاء حد معینی از فشار، چوب به شکل اولیه خود بازمی‌گردد که در این حد چوب قابلیت برگشت‌پذیری دارد به طوری که به آن یا می‌گویند اما در صورتی که میزان فشار از این حد تجاوز نماید چوب حتی در صورت حذف نیرو نیز دیگر حالت برگشت‌پذیری ندارد و به حالت اولیه خود بازنمی گردد که به آن گفته می‌شود و چنانچه افزایش اعمال نیرو همچنان ادامه یابد چوب به مرحله وارد می‌شود.

تحمل و پایداری چوب در برابر فشار و خمش تدریجی بسیار خوب است که این یکی از امتیازات برتر چوب نسبت به مصالح دیگر محسوب می‌شود به‌طوریکه در یک تیر چوبی در اثر اعمال نیرو، تیرچوبی کمانه می‌کند و دوباره به حالت اولیهٔ خود باز می‌گردد که در این حالت تیر چوبی تحت تاثیر نیروی خمش قرار گرفته است.

به‌علت وجود خلل و فرج در ساختمان چوب قابلیت هدایت گرمائی چوب زیاد نیست در حالی که چوب مقاوم در برابر گرماست. قابلیت هدایت حرارتی چوب در رابطهٔ $w = \frac{\lambda(t_۲ - t_۱) A}{d}$ بیان می‌شود بطوریکه در این رابطه λ w/mk، $t_۲$ درجهٔ حرارت سطح گرم (°c)، $t_۱$ درجهٔ حرارت سطح سرد (°c)، A سطح مقطع چوب که عمود بر جهت انتقال حرارت $m^۲$ می‌باشد و d فاصلهٔ بین دو سطح m است. به‌منظور نشان دادن قابلیت هدایت حرارتی چوب از عامل ضریب هدایت حرارتی استفاده می‌شود به‌طوری که ضریب هدایت حرارتی چوب از ۰/۰۱ تا ۰/۳w/mk می‌رسد. قابلیت هدایت حرارتی چوب به ساختمان چوب، وزن مخصوص و رطوبت چوب بستگی دارد به طوری که هر چه وزن چوب باشد، قابلیت هدایت حرارتی آن نیز می‌یابد.



در اینجا مقطعی از تنه یک درخت نشان داده می‌شود.

جزء اصلی تشکیل‌دهندهٔ چوب از سلول‌های چوبی (A) تشکیل می‌شود.



واحدتشکیل‌دهنده‌ساختار چوب را .... می‌نامند.

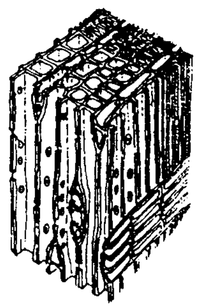
از آنجائی‌که بیشتر .... به‌صورت طولی در جهت تنه و شاخهٔ درختان قرار دارند، به همین جهت به آنها «سلول‌های طولی» نیز گفته می‌شود.

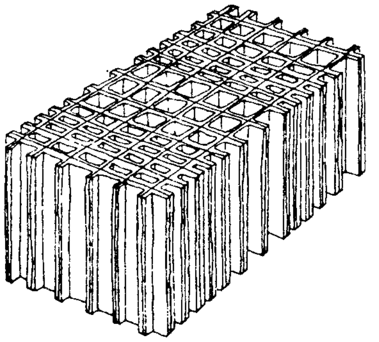
چوب که بیشتر حجم تنهٔ درخت را تشکیل می‌دهد از جنس الیاف سلولز می‌باشد که صمغی به نام لیگنین الیافت سلولز را به‌هم می‌چسباند.

سلولهای چوبی

سلولهای چوبی

همان‌طور که می‌دانید چوب دارای خاصیت جذب و دفع رطوبت می‌باشد به‌طوری که آب در دو قسمت چوب وجود دارد که عبارتند از آب درون آوندها یا همان آب آزاد در داخل سلول‌ها و دیگری آب در اطراف سلول‌ها و یا به عبارتی دیگر

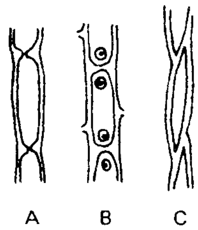
آب جذب شده در دیوارهٔ سلول‌ها.	
	
در شکل بالا تصویر شماتیکی از سلول‌های چوبی نشان داده می‌شود. بدین ترتیب هر یک از الیاف سلولز از	سلولهای طولی
تشکیل شده‌اند که به آنها سلول‌های «آوند چوبی» نیز گفته می‌شود.	
در درختان مجاری شیره گیاهی هستند.	آوندها
همچنین چون آب می‌تواند به صورت آزاد در درون	آوندها
وجود داشته‌باشد و یا به‌صورت آب جذب‌شده‌در ،	جدارهٔ سلولها
به‌همین جهت سلول‌های چوبی به عنوان مجاری عبور آب و یا ذخیره آب نیز در درختان محسوب می‌شوند.	
که در واقع سلول‌های بافت چوب هستند و	سلولهای طولی
به آنها «تار» نیز گفته می‌شود، مقاومت کششی چوب را نیز تامین می‌کنند.	

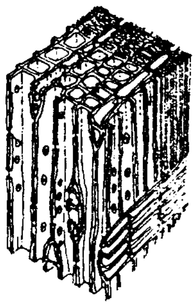
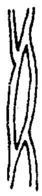


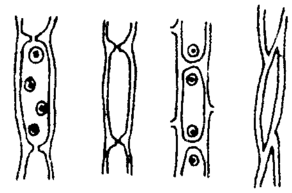
طول سلول‌های چوبی در درختان متغیر می‌باشد و قطر سلول‌ها نیز با طولشان متناسب می‌باشد.

علاوه بر این که طول سلول‌های چوبی که در جهت موازی با بافت چوب قرار دارند، متغیر می‌باشد همچنین سلول‌های چوبی دارای عملکردهای مختلفی نیز در درختان هستند.

بطور مثال سلول‌های چوبی به عنوان مجاری آب (A)، برای ذخیره آب (B) و یا سلول‌های چوبی که مقاومت کششی چوب را تامین می‌کند(C):



 این نوع از سلول‌های طولی مقاومت چوب را تامین می‌کنند. بدین ترتیب در اینجاسلول‌های بافت چوب که به آنها نیز می‌گویند، مقاومت کششی چوب را تامین می‌کنند.	تار
 در اینجا تصویری از یک نشان داده می‌شود.	تار
دسته‌ای از سلول‌های طولی هستند که مقاومت چوب را تامین می‌کنند.	تارها
طول هر حدود ۱ میلیمتر و قطرش تا ۳μm می‌باشد.	تار



چوب از .... تشکیل شده است به طوری‌که سلول‌های طولی در جهت موازی با بافت چوب قرار دارد.

آیا خواص چوب در یک‌جهت با خواص آن در جهت دیگر تفاوت داد؟ بله یا خیر؟

چون چوب در جهت‌های مختلف خاصیت یکسانی .... ، بنابراین چوب ماده‌ای ایزوتروپیک نیست.

سلولهای چوبی

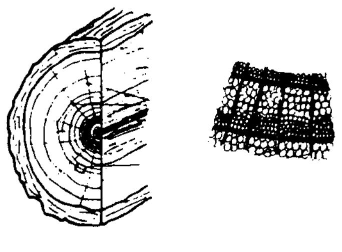
خیر

ندارد

بنابراین چوب ماده‌ای ایزوتروپیک نیست.

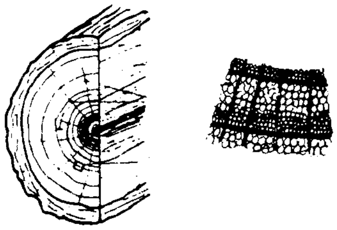
بـه عـبارتی دیگـر خـواص چـوب در جـهت‌های مـختلف متفاوت می‌باشد. به‌طوری‌که میزان مـقاومت چـوب در جـهت الیاف چوب .... و در جهت‌عمود بر الیاف‌چوب .... است.

بیشتر ـ کمتر



در اینجا مقطعی از تنهٔ یک درخت نشان داده می‌شود.

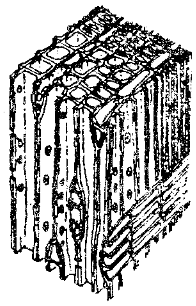
رشد و نمو چوب درختان در فصل بهار و تابستان بیشتر از پاییز می‌باشد. در هر فصلی که درختان رشد می‌کنند، درخت با تشکیل سلول‌های جدید، لایه جدیدی از چوب را بر روی لایه پیشین خود بوجود می‌آورد به طوری که لایه پیشین درخت دیگر رشد نمی‌کند.

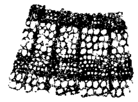


در شکل بالا تصویری از تنهٔ یک درخت مشاهده می‌شود. هر حلقه رشد سالیانه درختان دارای دو نوار متمایز از یکدیگرند. به طوری‌که یکی از نوارها روشن‌تر از نوار دیگری می‌باشد که در واقع لایه درونی حلقه رشد درخت را تشکیل می‌دهد که به آن «چوب بهاری» می‌گویند.

لایه درونی حلقه رشد دارای سلول‌هایی است که شکاف‌های نسبتا بزرگتر و دیواره‌های نازکتری دارند.

چوب بهاری را همچنین «چوب پیر» نیز می‌نامند.

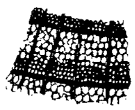




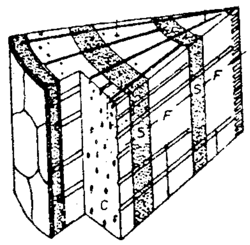
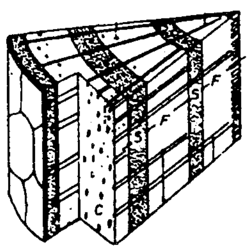
در تصاویر بالا سلول‌های چوبی نشان داده می‌شوند.

هر حلقهٔ رشد سالیانه درختان دارای دو نوار متمایز از یکدیگرند به طوری که رنگ این دایره‌ها از جهت درون روشن‌تر و از سمت بیرون تیره‌تر می‌باشد. لایهٔ درونی حلقه رشد را که رنگ روشن‌تری دارد، چوب بهاری یا چوب پیر می‌نامند. این لایه از سلول‌هایی تشکیل شده است که شکاف‌های نسبتاً بزرگتر و دیواره‌های نازکتری دارد، در حالی که لایه بیرونی حلقه رشد که رنگ تیره‌تری دارد چوب تابستانی یا چوب پیر نامیده می‌شود.

چوب جوان یا چوب تابستانی سخت‌تر، مقاوم‌تر و حتی سنگین‌تر از چوب بهاری می‌باشد.

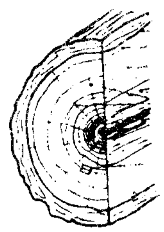


بدین ترتیب حلقه‌های رشد سالیانه درخت به صورت دو نوار متمایز از یکدیگرند به‌طوری که سلول‌های چوبی در

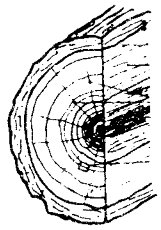
شکاف‌های نسبتاً بزرگتر و دیواره‌های نازکتری در مقایسه با سلول‌های چوبی در .... دارند.	چوب بهاری چوب تابستانی
 لایهٔ بیرونی حلقه رشد یا .... رنگ تیره‌تری نسبت به لایه درونی حلقه رشد یا .... دارد. سلول‌های چوبی در .... نرمتر، ضعیف‌تر و دارای وزن مخصوص کمتری نسبت به سلول‌های چوبی در .... می‌باشد.	چوب تابستانی چوب بهاری چوب بهاری چوب تابستانی
 در تصویر بالا لایه‌های رویش درخت به صورت .... سالیانه مشاهده می‌شود. این حلقه‌های رشد سالیانه از یکدیگر متمایزند زیرا میزان	حلقهٔ رشد

رشد درخت به علت وابستگی به تغییرات فصلی رطوبت و درجه حرارت هوا تغییر می‌کند.
لایه بیرونی .... در مقایسه با لایه درونی .... رنگ تیره‌تری دارد و اندازهٔ سلول‌هایش نیز کوچکتر می‌باشد.

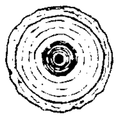
حلقهٔ رشد ـ
حلقهٔ رشد



در اینجا مقطعی از تنه یک درخت را می‌بینید که دارای حلقه‌های رشد سالیانه می‌باشد.
همان‌طور که در تصویر نیز مشاهده می‌شود، پوست درخت، بیرونی‌ترین لایه تنه یک درخت را تشکیل می‌دهد. لایه درونی درخت را چوب می‌نامند و درونی‌ترین لایه درخت که همان مرکز اصلی درخت است، مغز نامیده می‌شود.
بدین ترتیب مقطع عرضی تنه درختان از سه قسمت اصلی و متمایز از یکدیگر تشکیل می‌شود که عبارتند از پوست، چوب و مغز.



چوب درخت توسط لایه‌ای از بیرون پوشانده می‌شود که به آن می‌گویند.	پوست
مقطع عرضی تنهٔ یک درخت از سه قسمت ، ، تشکیل می‌شود.	پوست - چوب، مغز
درخت سلول‌های مرده درخت است و که بیشتر حجم تنهٔ درختان را تشکیل می‌دهد قابلیت بارگذاری دارد.	پوست - چوب



در اینجا سطح مقطع تنهٔ یک درخت نشان داده می‌شود که دارای حلقه‌های متمایز از یکدیگرند. آیا مقاومت فشاری مغز درخت بیشتر از چوب است؟ بله یا خیر؟ چون مغز قسمت نرم درخت است، مقاومت فشاری آن از چوب بسیار کمتر است در حالی که چوب قسمتی از درخت است که قابل بارگذاری می‌باشد و بیشتر تنه درخت را نیز تشکیل می‌دهد.	خیر



در داخل تنهٔ این درخت چوب که بیشتر حجم آن را تشکیل می‌دهد قــرار گرفتــه به طــوری که به دو بخش تقسیم می‌شود که عبارتند از چوب درونی که سلول‌های مرده‌ای هستند که در اطراف قرار گرفته‌اند و دیگری چوب بیرونی که بین چوب درونی و درخت قرار دارد. در سلول‌های که سلول‌های زندهٔ درخت هستند، مواد رنگی و قلیائی نیز وجود دارد.

همچنین از رنگ روشن‌تر می‌باشد.

چوب

مغز

چوب بیرونی

چوب بیرونی -
چوب درونی



در اینجا شاخه‌ای از یک درخت کاج نشان داده می‌شود.

از نظر گیاه‌شناسی چوب درخت کاج از نوع چوب سوزنی برگان است که جزو چوب‌های نرم محسوب می‌شود.

وزن مخصوص چوب کاج متجاوز از $0/45 kg/dm^3$ است.

اگرچه چوب کاج در برابر نیروهای فشاری مقاومت چندانی

ندارد اما برش آن آسان می‌باشد و خوب تراشیده می‌شود.
همچنین چوب درخت کاج زودتر از چوب پهن‌برگان که از نوع چوب‌های سخت است، خشک می‌شود.



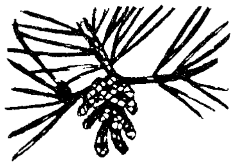
در شکل بالا تصویری از شاخهٔ یک درخت کاج دیده می‌شود.

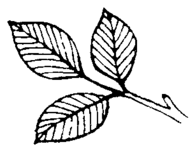
چوب درخت کاج که از نوع سوزنی برگان یا چوبهای نرم می‌باشد، وزن مخصوص کمتری نسبت به‌چوب پهن‌برگان یا چوبهای سخت دارد.

همچنین چوب سوزنی برگان زودتر و بهتر از چوب پهن برگان خشک می‌شود و موارد مصرف بیشتری نیز دارد.
چوب سوزنی برگان در مقابل فشار نیز مقاومند.

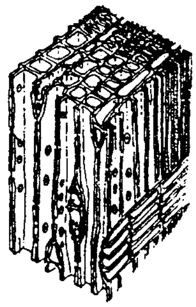


در اینجا تصویری از شاخه یک درخت کاج دیده می‌شود.

چوب درخت کاج زود خشک می‌شود. چوب درختان کاج همچنین در هوای خشک مقاومت دارند و یا در صورتی که مدام در زیر آب قرار داشته باشند در مقابل فساد مقاومند اما اگر در حد فاصل بین خشکی و آب قرار بگیرند فاسد می‌شوند.	
 این تصویری از شاخهٔ یک درخت کاج است. وزن مخصوص چوب این نوع کاج متجاوز از ۰/۵۲ می‌باشد و چوب سختی دارد. برگهای انواع درختان کاج پهن نیستند و دارای برگ‌های سوزنی شکل و نوک تیزند که به‌همین علت به آنها .... می‌گویند.	سوزنی برگان
 در شکل بالا تصویری از شاخهٔ یک درخت بلوط نشان داده می‌شود. آیا درخت بلوط جزو سوزنی برگان است؟ بله یا خیر؟	خیر

درخت بلوط جزو سوزنی برگان نیست. درخت بلوط دارای برگ‌های پهن است و جزو .... محسوب می‌شود.	پهن‌برگان
 در اینجا شکل یک شاخه درخت بلوط را می‌بینید. چون چوب .... سنگین‌تر از چوب .... است و دارای وزن مخصوص بیشتری نیز می‌باشد، وزن مخصوص چوب بلوط در حدود ۰/۶۷ تا $۰/۷۰ kg/dm^3$ است. اگرچه درختان .... مانند درخت کاج خوب تراشیده می‌شوند و برش آنها آسان است اما کم دوام هستند و در مقابل نیروهای فشاری نیز مقاومت زیادی ندارد اما بر عکس چوب درختان .... مانند چوب درخت بلوط که از نوع چوب‌های .... است، دوام زیادی دارد اما بدبرش می‌باشد. چوب بلوط که از نوع چوب‌های سنگین است دیرتر از چوب‌های سبک نظیر کاج خشک می‌شود.	پهن‌برگان ـ سوزنی‌برگان سوزنی برگ پهن‌برگ سخت
 در شکل بالا تصویری از شاخه درخت‌زان قرمز مشاهده	

می‌شود.	
درخت زان قرمز از نوع است.	پهن‌برگان
چوب درخت آلش که از نوع چوب‌های است، در	سخت
مقابل نیروهای فشاری‌مقاومت دارد و دوام این چوب نیز	زیادی
است به‌طوری‌که‌وزن‌مخصوص آن از ۰/۶۵ تا $0/72 kg/dm^3$	زیاد
می‌باشد.	
از آنجائـی‌که مقطع تنـهٔ درختان برخلاف درختان	پهن برگ
ساده و منظم است، چوب درخت آلش نیز بسیار	سوزنی برگ
ساده و منظم می‌باشد.	
چوب درخت آلـش که از نوع چوب‌هــای است،	سنگین
سفت‌تر و سخت‌تر از چوب‌های می‌باشد و بهتر پرداخت	سبک
می‌شود.	

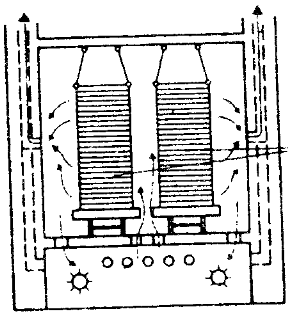


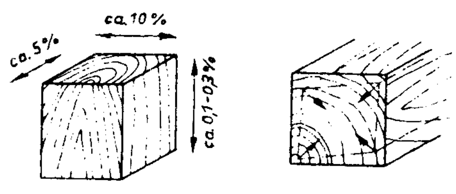
درداخل سلول‌های چوبی یا همان آب	حفره‌های سلولها
وجـود دارد و همچنیـن آب در اطـراف سلـول‌ها یا در واقـع	
نیز جذب می‌شود.	دیوارهٔ سلولها
اگرچه آب به‌صورت آب آزاد در داخل در	حفره‌های سلولها
می‌آید اما درصد وزنی آب نسبت به وزن تـودهٔ چـوب خشک	

شده می‌تواند از ۵۰ تا ۱۵۰ درصد برسد.	
بنابراین درصد وزنی آب در چوب نسبت به وزن تودهٔ چوب خشک شده می‌تواند از ۵۰ تا ۱۵۰ درصد برسد. قبل از آن‌که آب یا رطوبت جذب شده در چوب به صورت آب آزاد دربیاید باید در ابتدا دیوارهٔ سلولها را اشباع کند. در صورتی که چوب تر را در معرض هوای خشک قرار دهیم، آب آزاد متصاعد می‌شود. حال اگر به منظور خشک کردن چوب، رطوبت چوب رابه حدود ۳۰٪ برسانیم، هنوز آب در دیواره سلول‌ها وجود دارد. بدین ترتیب در صورتی که درصد رطوبت چوب به حدی باشد که دیواره سلول‌ها از آب اشباع شده باشد یا به عبارتی دیگر آب اشباع شده باشد اما در داخل حفره‌های سلول‌ها آب وجود نداشته به آن «نقطه اشباع بافت چوب» می‌گویند.	حفره‌های سلولی حفره‌های سلولی جدار سلولی
در چوب‌های پهن برگ که در آنها مغز چوب به‌طور مشخص نمایان است، به ۲۲تا۲۴ درصدمی‌رسد. به عبارتی دیگر درصد رطوبتی که در آن دیواره سلول‌ها در چوب‌های پهن برگ اشباع شده است یا در واقع نقطه‌ای که در آن نقطه آب جدار سلولی اشباع شده است به ۲۲ تا۲۴ درصد می‌رسد. در حالی که درصد رطوبت چوب در چوب‌های پهن برگ که در آنها مغز چوب به صورت مشخص و واضح وجود ندارد، یعنی درصد وزنی آب چوب نسبت به وزن توده خشک به ۳۲ تا ۳۵ درصد می‌رسد، می‌توان گفت به	نقطهٔ‌اشباع‌بافت‌چوب نقطهٔ‌اشباع‌بافت‌چوب

۲۲ تا ۲۴ درصد می‌رسد.	
بدین ترتیب چوب دارای خاصیت شیمیایی بخصوصی است که اگر در محیط رطوبت قرار گیرد، رطوبت موجود در محیط را به‌خود جذب می‌کند و اگر آن را در محیط خشک قرار دهیم به‌طوری‌که رطوبت محیط کمتر از رطوبت چوب باشد، چوب رطوبت خود را از دست می‌دهد. این خاصیت جذب و دفع رطوبت در چوب سبب می‌شود که چوب به عنوان جسمی هیگروسکوپیک (Hygroscopique) شناخته شود.	
بنابراین خاصیت جذب و دفع رطوبت باعث می‌شود که چوب را ماده‌ای .... بنامیم.	هیگروسکوپیک
بدین ترتیب چوب ماده‌ای .... می‌باشد زیرا در صورتی که چوب خشک باشد از محیطی که رطوبتش بیشتر از چوب است، رطوبت را جذب می‌کند و در محیطی که رطوبتش کمتر از چوب می‌باشد، چوب به محیط رطوبت می‌دهد و به عبارتی دیگر چوب دارای خاصیت جذب و دفع رطوبت است.	هیگروسکوپیک
تغییر میزان آب آزاد در حفره‌های سلولی یا درون آوندها در اثر تبخیر هیچ گونه تغییر حجمی در چوب ایجاد نمی‌کند زیرا آب در درون حفره سلول‌ها به صورت شیمیایی با هیچ جزئی از چوب ترکیب نمی‌شود اما در زیر نقطه اشباع بافت چوب، .... میزان آب دیوارهٔ سلول‌ها منجر به .... حجم چوب می‌شود.	کاهش کاهش

پس تغییر مقدار رطوبت در چوب در زیر نقطه اشباع بافت چوب، سبب تغییر حجم چوب می‌شود. به‌طور کلی خشک کردن چوب به روش‌های مختلفی انجام می‌شود از جمله خشک کردن چوب در هوای آزاد به عنوان یک روش طبیعی خشک کردن چوب شناخته می‌شود و مدت خشک کردن چوب با این روش از ۱ تا ۴ سال طول می‌کشد.	
در هنگام خشک کردن چوب به روش طبیعی در هوای آزاد چوب به محیط رطوبت می‌دهد اما چوب همهٔ رطوبت خود را از دست نمی‌دهد بلکه آن قدر با هوا رطوبتش را تبادل می‌کند تا به حالت تعادل برسد. به طورمثال در دمای ۲۰°C رطوبت چوب به ۱۳ درصد و در دمای ۱۰۰°C رطوبت چوب به ۷/۵ درصد می‌رسد. رطوبت چوب به درجهٔ حرارت و رطوبت محیط وابستگی دارد. درصد رطوبت چوب با رطوبت نسبی و دمای محیط به‌حالت تعادل می‌رسد که به آن درصد رطوبت تعادل گفته می‌شود.	
در دمای ۲۰°C در شرایطی که رطوبت محیط ۷۰٪ باشد، چوب ۱۳٪ است. در صورتی‌که درجهٔ حرارت محیط خیلی زیاد باشد، چوب به ۹ تا ۱۲ درصد می‌رسد. بنابراین درصد رطوبت چوب با رطوبت نسبی و دمای محیط به حالت تعادل می‌رسد که آنرا .... می‌نامند. هرچه دمای محیط افزایش یابد، به همان نسبت چوب کاهش می‌یابد.	درصدرطوبت تعادل درصد رطوبت تعادل درصد رطوبت تعادل درصد رطوبت تعادل

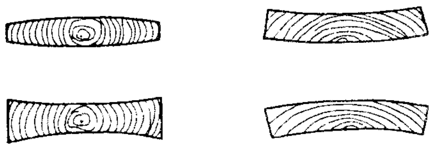
چوب در هوای داغ ۱۰۵°C خشک می‌شود. این نوع خشک کردن چوب که در درجه حرارت ۱۰۵°C انجام می‌شود روش خشک کردن چوب در کوره می‌گویند. به‌منظور افزایش سرعت خشک کردن چوب و جلوگیری از رکود سرمایه از کوره‌های خشک کردن چوب استفاده می‌شود که دارای انواع مختلفی نیز هستند.	
 در اینجا چوب خشک می‌شود. آیا در اینجا چوب به روش طبیعی خشک می‌شود؟ بله یا خیر؟ همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، چوب‌ها را در کورهٔ خشک کردن چوب به روش مصنوعی خشک می‌کنند به طوری که خشک کردن چوب با استفاده از این روش ۳ تا ۴ روز به طول می‌انجامد. حرارت کوره‌های چوب خشک‌کنی بسیار بالاست و رطوبت کوره نیز قابل کنترل می‌باشد زیرا رطوبت چوب برای کارهای مختلف تفاوت دارد به طور مثال برای ساختن مبلمان میزان رطوبت چوب بیشتر از ۵٪ می‌باشد.	خیر

بنابراین چوب را با روش طبیعی در هوای آزاد یا با روش مصنوعی درکارخانه‌های چوب خشک‌کنی می‌توان خشک کرد. به‌منظور خشک کردن چوب باید درصد رطوبت چوب تا نقطهٔ اشباع بافت چوب برسد و در آن صورت خشک‌شدن رطوبت در ... آغاز می‌شود و ... به محیط رطوبت می‌دهند بدین‌ترتیب در اثر خشک‌شدن رطوبت ... پدیده جمع‌شدگی چوب رخ می‌دهد.	جدار سلولها ـ دیوارهٔ سلولها جدار سلولی
بدین ترتیب پدیده جمع شدگی چوب هنگامی آغاز می‌شود که در زمان خشک شدن چوب بر اثر کاهش میزان آب ... درصد رطوبت چوب از میزان درصد رطوبت نقطه اشباع بافت چوب کمتر شود.	دیوارهٔ سلولها
 از آنجائی که چوب ماده‌ای غیر ایزوتروپیک یا ارتوتروپ است، خواص چوب از جمله پدیدهٔ ... در جهت‌های مختلف متفاوت می‌باشد. ... بودن چوب به علت ترتیب قرارگیری سلول‌های چوب می‌باشد به‌طوری که خواص چوب در امتداد سه محور عمود بر هم طولی، شعاعی و مماسی با یکدیگر یکسان نیست.	جمع‌شدگی چوب ارتوتروپ

هنگامی که رطوبت دیوارهٔ سلول‌ها شروع به تبخیر می‌کنند سلول‌ها به یکدیگر نزدیک می‌شوند و در نتیجه نه فقط حجم چوب کاهش می‌یابد بلکه چوب تغییر شکل نیز پیدا می‌کند.
به کاهش حجم چوب در اثر تبخیر رطوبت جدار سلولی «هم کشیدگی یا انقباض» می‌گویند.



در این تصاویر تخته‌ها تغییر شکل داده‌اند.
در صورتی که در اثر کاهش رطوبت جدار سلولی میزان رطوبت چوب به زیر نقطه اشباع بافت چوب برسد، حجم چوب کاهش می یابد و چوب تغییر شکل می‌دهد اما چون چوب جسمی هیگروسکوپیک است و دارای خاصیت جذب و دفع رطوبت می باشد و با محیط خود تبادل رطوبت می‌کند، در نتیجه چوب بر عکس اگر در محیطی قرار داشته باشد که رطوبت آن بیشتر ا ز چوب باشد، از محیط خود رطوبت می‌گیرد و ازدیاد حجم پیدا می‌کند که آن را واکشیدگی یا تورم نیز می‌نامند.
بدین ترتیب تغییر حجم چوب مانند کاهش حجم چوب در اثر تبخیر رطوبت جدار سلولی باعث هم‌کشیدگی ـ انقباض یا می‌شود و بر عکس افزایش حجم چوب در اثر جذب رطوبت از محیط باعث واکشیدگی یا تورم می‌گردد.
این تغییر حجم چوب راکه در اثر تغییرات رطوبت هوا ایجاد

می‌شود باعث تغییر شکل هندسی چوب می‌شود که اصطلاحاً می‌گویند «چوب کار کرده است».	
 بنابراین حجم چوب در اثر تبخیر رطوبت دیواره سلولها کاهش می‌یابد که به این تغییر حجم ــــــ یا ــــــ می‌گویند و بر عکس چوب در اثر جذب رطوبت از محیط خود ازدیاد حجم پیدا می‌کند که آنرا ــــــ یا ــــــ می‌نامند. چون چوبِ ماده‌ای ارتوتروپ است، خواص چوب از جمله تغییراتی که در اثر کاهش یا افزایش رطوبت در چوب ایجاد می‌شود از جمله ــــــ یا ــــــ و ــــــ یا ــــــ در امتداد سه محور، عمود بر هم طولی، شعاعی و مماسی با یکدیگر یکسان نیست.	هم‌کشیدگی ـ انقباض واکشیدگی ـ تورم هم‌کشیدگی ـ انقباض ـ واکشیدگی ـ تورم

رطوبت چوب

میزان مقاومت چوب به میزان رطوبت چوب وابستگی دارد به‌طوری که افزایش رطوبت چوب تا رسیدن به نقطه اشباع بافت چوب میزان مقاومت را کاهش می‌دهد. همچنین میزان و چوب نیز به‌میزان رطوبت چوب وابستگی دارد به طوری که تغییر میزان رطوبت باعث تغییر حجم چوب می‌شود و در نتیجه چوب تغییر شکل می‌دهد.

هم‌کشیدگی ـ واکنشیدگی

مقدار درصد رطوبت چوب از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$u = \frac{M_u - M_d}{M_d} .100\%$$

بر اساس دین ۵۲۱۸۳، M_u جرم چوب مرطوب، M_d جرم چوب خشک شده و u درصد رطوبت می‌باشد.

یکی از مهمترین خواص چوب خاصیت جذب رطوبت است به‌طوری که در شرایط طبیعی آب توسط و نیز جذب می‌شود. قبل از آنکه آب در داخل سلول‌های چوبی به‌صورت آزاد وجود داشته‌باشد باید ابتدا توسط جذب شود. پس از آنکه آب را اشباع می‌کند در این‌حالت آب بصورت آزاد درداخل سلولهاوجودندارد. بدین‌ترتیب‌درصدرطوبت‌چوب به‌حدی می‌رسد که از آب اشباع شده اما در درون آوندها آب‌وجودندارد که‌در این‌شرایط آنرا می‌نامند.

حفره‌های سلولهای چوب ـ دیوارهٔ سلولها

دیوارهٔ سلولها ـ جدار سلولها

دیوارهٔ سلولها ـ

نقطهٔ اشباع بافت چوب

جذب رطوبت توسط چوب باعث افزایش وزن، حجم و تورم چوب می‌گردد بدین‌صورت که چوب خشک شده از هوا

رطوبت جذب می‌کند و رطوبت جذب شده را اشباع می‌کند (به‌صورت آب محبوس در می‌آید). بدین ترتیب تا هنگامی که آب اشباع می‌شود حجم چوب افزایش می‌یابد (در نقطهٔ اشباع بافت چوب درصد رطوبت چوب تقریباً به ۲۸ درصد می‌رسد) اما تا موقعی که همهٔ از آب اشباع شوند، ادامهٔ جذب رطوبت در چوب دیگر سبب افزایش حجم چوب نمی‌شود (وجود رطوبت بصورت آزاد در داخل آوندها).

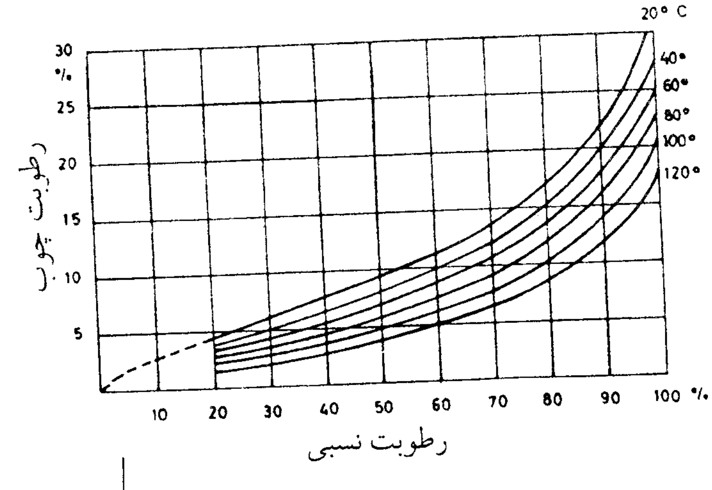
اما همان‌طور که می‌دانید چوب علاوه بر داشتن خاصیت جذب رطوبت بر عکس دارای خاصیت دفع رطوبت نیز هست. هنگامی که آب آزاد در داخل سلول‌ها تبخیر می‌شود تبخیر آب آزاد درون آوندها باعث تغییر حجم چوب نمی‌شود اما موقعی که آب محبوس در شروع به تبخیر می‌کند در اثر خروج رطوبت حجم چوب کاهش می‌یابد و در اثر خشک شدن رطوبت جدار سلول‌ها پدیدهٔ روی می‌دهد.

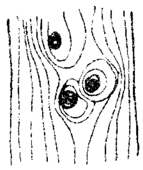
می‌دانید که رطوبت چوب به رطوبت هوا و دمای محیط وابستگی دارد و چون چوب ماده‌ای است یعنی اینکه اگر چوب خشک باشد از هوا رطوبت جذب می‌کند و در صورتی که رطوبت چوب بیشتر از محیط باشد، در محیط رطوبت دفع می‌کند بنابراین چوب آن قدر با محیط اطرافش رطوبت تبادل می‌کند تا به حالت تعادل برسد. بدین ترتیب درصد رطوبت چوب همیشه به علت وجود خاصیت دفع و جذب رطوبت در چوب با رطوبت نسبی و دمای محیط به‌حالت تعادل می‌رسد که آن را «درصد رطوبت تعادل» می‌نامند (بطور مثال در صورتی که رطوبت نسبی ۱۲٪ و دمای محیط ۲۰°C باشد درصد رطوبت تعادل چوب ۶۵ درصد است.)

- جدار سلولها-
- جدار سلولی
- جدار سلولی
- حفره‌های سلولهای چوبی
- دیوارهٔ سلولها
- جمع‌شدگی
- هیگروسکوپیک

مطابق نمودار در اثر کاهش یا افزایش رطوبت چوب که باعث انقباض و تورم می‌شود چوب ازدیاد حجم پیدا می‌کند و تغییر شکل می‌دهد که اصطلاحا می‌گویند: چوب کار کرده است.

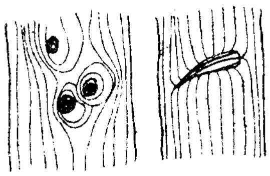
همچنین به‌علت ارتوتروپ بودن چوب، خواص چوب مانند انقباض و تورم نیز در امتداد سه محور عمود بر هم طولی، شعاعی و مماسی نیز با یکدیگر متفاوت می‌باشد.





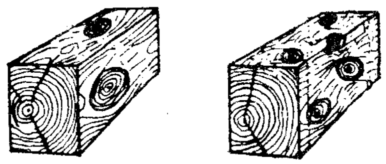
«گره» در محل رویش شاخه تولید می‌شود به طوری که در اثر ایجاد یاخته‌های متراکم در سطح و حجم درخت قبل از رویش شاخه جدید «گره» بوجود می‌آید.

در صورتی‌که گره به بافت اصلی درخت متصل نباشد و از محل خود جدا شود، چوب به صورت توخالی بوده و رنگ آن تیره‌تر از چوب درخت است که به آن «گره مرده» می‌گویند ولی اگر گره به بافت اصلی چوب درخت متصل باشد آن را «گره زنده» می‌نامند.



گره	در تنهٔ این درخت نیز چندین .... دیده می‌شود.
خیر	آیا مقاومت چوب در قسمت گره‌ها مانند قسمت‌های دیگر چوب است؟ بله یا خیر؟
گره	اگرچه یاخته‌های چوب در قسمت .... متراکم‌تر و سخت‌تر
گره	از قسمت‌های دیگر چوب است و در نتیجه چوب در محل ....
گره	مقاومت بیشتری دارد اما وجود .... در چوب مقاومت چوب

را کاهش می‌دهد.



از آنجائی که وجود گره در چوب باعث به‌هم خوردن و انحراف شیب الیاف می‌شود، مقاومت چوب دارای گره ...... از مقاومت چوب بدون گره می باشد.

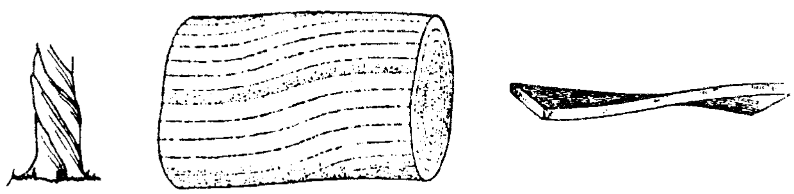
چون مقاومت کششی چوب توسط بافت چوب تامین می‌شود چوب در جهت طولی دارای مقاومت کششی ...... می‌شود و در این صورت وجود گره میزان مقاومت کششی چوب را ...... می‌دهد.

همچنین چوب بدون گره بیشتر از چوب دارای گره قابل بارگذاری می‌باشد.

کمتر

زیادی

کاهش



رویش این درخت غیر طبیعی و کج می‌باشد به طوری که به علت بد روئیدن و پیچ‌خوردگی درخت تارهای چوبی این درخت با محور درخت ناموازی می باشند و با آن زاویه دارند که

به همین جهت به این نوع درخت کج تار می‌گویند. آیا در چوب کج‌تار میزان‌مقاومت‌باربری‌مانند درختانی است که الیافت آنها به‌صورت‌مستقیم رشد می‌کند؟ بله‌یاخیر؟ کج‌تاری در چوب میزان مقاومت باربری و تحمل به ضربه چوب را کاهش می‌دهد و چوب کج‌تار برش و پرداخت خوبی نیز ندارد.	خیر

رشد درختان

اگرچه بطور طبیعی رویش تارهای چوب در تنهٔ درختان
موازی همدیگرند اما غالبا به علت ناموازی بودن تارهای چوب
در محل رویش شاخه یا جوانه در تنهٔ درخت بوجود | گره
می‌آید که البته به دلیل انحراف الیاف چوب به دور گره و افزایش
تراکم یاخته‌های چوب در ناحیهٔ گره، این قسمت از چوب
سخت‌تر از قسمت‌های دیگر چوب است. در صورتی که گره
به‌قسمت‌های مجاور خودش و یا همان بافت اصلی چوب نیز
متصل باشد، به آن می‌گویند اما اگر به علت | گره زنده ـ گره زنده
ناهماهنگ و ناهمجنس بودن گره با قسمت‌های دیگر چوب از
آن جدا بشود، به صورت حفره‌ای درمی‌آید مانند میخی که در
تنهٔ درخت فرورفته باشد و در اثر استنباط و انقباض چوب با
گذشت زمان از چوب جدا شده و در چوب حفره ایجاد کرده
باشد که در آن صورت رنگ گره تیره‌تر از قسمت‌های دیگر
چوب می‌باشد و به آن یا گره سیاه می‌گویند. | گره مرده

چون مقاومت کششی چوب توسط بافت چوب تامین
می‌شود، چوب در جهت طولی دارای مقاومت کششی | زیادی
می‌شود که در این صورت وجود گره میزان مقاومت کششی
چوب را می‌دهد. | کاهش

انحراف الیاف به دور گره و خشک‌شدن چوب در این ناحیه
باعث ایجاد ترک و جداشدن الیاف می شود که این خود باعث
مقاومت کششی چوب در این ناحیه می‌گردد. | کاهش

اگرچه چوب این گره‌ها دارای وزن مخصوص بیشتری نسبت
به قسمت‌های دیگر چوب می‌باشد و این ناحیه سخت‌تر و
سنگین‌تراست اما تحمل چوب‌گره درمقابل نیروهای و | کششی

خمشی زیاد نیست.

«تاثیر پیچ‌خوردگی درخت بر روی مقاومت چوب»

پیچ خوردگی درخت از جمله یکی از معایب رویش درختان محسوب می‌شود. یکی از دلایل پیچ‌خوردگی درخت این است که درخت در موقعی که نهال است و الیافش هنوز سخت نشده در اثر وزش باد مداوم از یک طرف، درخت در جهت وزش باد متمایل می‌شود و در نتیجه الیاف درخت بطور مستقیم رشد نمی‌کند و چوب این‌درختان می‌شود. همچنین‌در شرایطی

کج‌تار

که نور خورشید بیشتر ازیک سو بتابد، شاخه‌های درختان به سمت نور خورشید برمی‌گردند و در نتیجه درخت نیز در جهت تابش نور خورشید دارای شاخه‌های بیشتری می‌شود و در این شرایط در اثر نیروی مداوم باد از یک جهت و در نتیجه به هم خوردن تعادل وزنی درخت باد شاخه‌ها را می‌چرخاند و درخت دارای پیچش می‌شود. رویش مارپیچی درخت باعث می‌شود که چوب این نوع درختان شوند.

مارپیچ تار

به‌طور کلی یا چوب جزو معایب

کج تاری ـ مارپیچ تاری

طبیعی چوب محسوب می‌شود زیرا لبه‌های تخته به دست آمده از درختان پیچ خورده پس از خشک شدن نسبت به هم متنافر هستند.

چوب پیچ‌خورده مقاومت کمی نسبت به ضربه دارد و مقاومت باربری خوبی نیز ندارد. چون تارهای چوبی با محور درخت موازی نیستند و زاویه دارند چوب‌های و یا

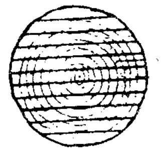
کج تار

قابلیت پرداخت خوبی نیز ندارند.

مارپیچ تار

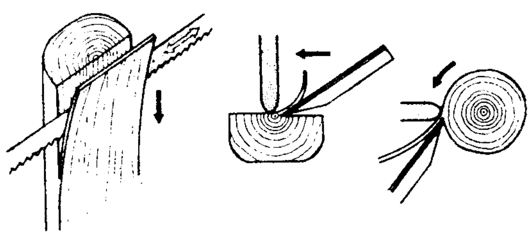


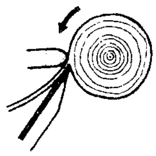
در شکل بالا تصویری از یک تخته باریک دیده می‌شود.
ابعاد این تخته باریک ۲۴/۴۸ میلیمتر می‌باشد.
ابعاد تخته‌های باریک می‌تواند ۲۴/۲۸، ۳۰/۵۰، ۴۰/۶۰ و ۵۰/۸۰ میلیمتر باشد.
این نوع تخته‌ها از انواع چوب‌هایی است که در ساختمان به‌کار می‌رود.



این تنهٔ درخت از روی قاعده به موازات طول درخت برش خورده است به طوری که به هر یک از تقسیمات برش خورده این چوب گرد «بنیه» می‌گویند.
هر بنیه می‌تواند از ۱۰ تا ۳۵ میلیمتر ضخامت داشته باشد و پهنای هر بنیه باید حداقل به ۸ سانتیمتر برسد.
از بنیه برای قالبندی بتون نیز استفاده می‌شود.



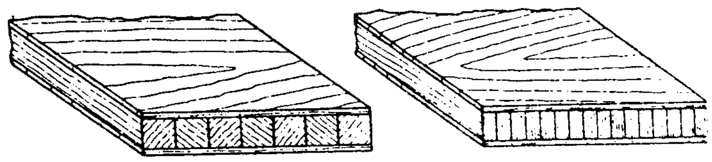
آیا این شکل یک بنیه است؟ بله یا خیر؟ این تصویر یک بنیه نیست زیرا هر بنیه دارای ضخامت ۱۰ تا ۳۵ میلیمتر می باشد. در اینجا تصویری از یک «الوار» نشان داده می‌شود که از برش بنیه به دست آمده است. الوارهای دارای ضخامت ۴۰ تا ۱۲۰ میلیمتر می‌باشند.	خیر
 این تصویری از یک تختهٔ ضخیم یا .... است که از برش بنیه به دست آمده است. .... می‌تواند دارای ضخامت ۴۰ تا ۱۲۰ میلیمتر باشد.	الوار الوار
 در صورتی که چوب گردی را که استوانه‌ای است از روی قاعده برش دهند و یا لایه نازکی از روی چوب بردارند می‌توان از آن برگه‌های نازکی تهیه کنند که به این برگه‌های نازک چوب «روکش» می‌گویند.	



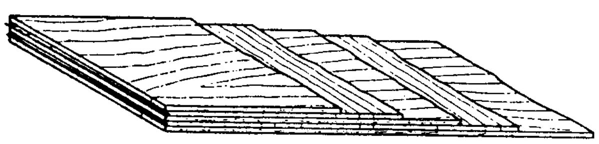
در شکل بالا تهیهٔ .... نشان داده می‌شود. | روکش

برگه‌های نازک چوبند که دارای ضخامت ۰/۶ تا ۵ میلیمتر می‌باشند. | روکشها

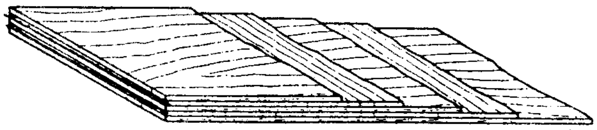
از .... برای تزئینات چوبی مانند میز، مبل، وکمد و غیره استفاده می‌شود. | روکشها



صفحهٔ میز از دو قسمت مغز و روکش تشکیل شده است. روکش‌هایی که زیر و روی مغز را پوشانده‌اند از جنس برگه‌های نازک چوب هستند.



در اینجا نیز چوب که به شکل برگه‌های نازکی برش خورده است، بصورت چند لایهٔ نازک به همدیگر چسبیده شده است بطوری که تارهای چوب هر لایه روکش با زاویهٔ ۹۰ درجه بر روی تارهای لایهٔ دیگر عمود هستند. بدین ترتیب با چسباندن برگه‌های نازک چوب در سه لایه یا بیشتر بر روی یکدیگر «تختهٔ چندلائی» می‌سازند.



تختهٔ چند لائی

این تصویری از یک   را نشان می‌دهد.

برگه‌های نازک چوب را در چند لایه بر روی یکدیگر طوری می‌چسبانند که تارهای چوب هر لایه بر روی لایهٔ دیگر عمود باشد.

به تختهٔ چندلائی همچنین تخته فنری نیز می‌گویند زیرا خاصیت خم‌شدگی خوبی دارد.



در اینجا تصویری از چوب نئوپان دیده می‌شود.

چوب نئوپان ورقه‌ای است که از تراشه‌های چوب تشکیل شده است که با استفاده از چسب و پرس داغ ساخته می‌شود.

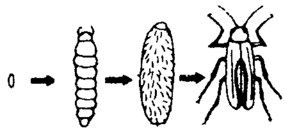
نئوپان

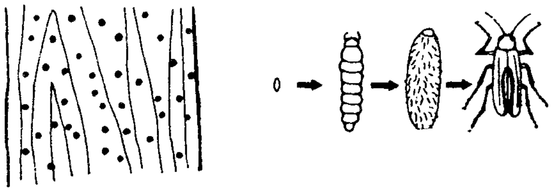
ورقه‌های   دارای ضخامت تقریباً ۶ تا ۶۰ میلیمتر هستند.

تراشه‌های چوب بصورت لایه‌های ریز و درشت بر روی هم

قرار می‌گیرند به طوری که لایه‌های ریز در زیر و روی ورق و لایهٔ درشت در وسط قرار گرفته باشد.	نئوپان
 آیا در اینجا نیز تصویر یک ورق نئوپان دیده می‌شود؟ بله یا خیر؟ این تصویری از یک ورق نئوپان نیست زیرا این تخته از خرده چوب ساخته نشده است بلکه از خاک اره و چوب‌های دم‌اره‌ای تشکیل می‌شود که به صورت تار و برگه‌های نازک چوب بریده شده است. این تار و برگه‌های نازک چوب پس از خشک شدن و آسیاب شدن در چسب خمیر می‌شود و تحت اعمال فشار به‌صورت تختهٔ فیبری درمی‌آید که به آن فیبر نیز می‌گویند.	خیر
 این تصویری از یک است. یا از خاک اره، تا روبرگه‌های نازک چوب تشکیل شده است که پس از خشک شدن و آسیاب شدن آن را در چسب خمیر می‌کنند و تحت فشار به‌صورت تختهٔ سخت و بادوامی درمی آورند. ضخامت به ۳/۵ تا ۳۰ میلیمتر می‌رسد. رطوبت را به‌خود جذب نمی‌کند و در نتیجه باد نمی‌کند و نیز در آن ایجاد نمی‌شود.	تختهٔ فیبری تختهٔ فیبری ـ فیبر فیبر فیبر ـ تختهٔ فیبری جمع شدگی

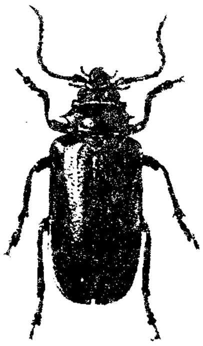
تغییرات رطوبت هوا باعث تسریع در فساد چوب می‌شود همچنین از جمله عواملی که باعث پوسیدگی و خراب شدن چوب می‌گردد، علاوه بر موریانه و کرم چوب می‌توان سوسک را نیز نام برد.

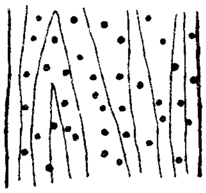




همان‌طور که در تصویر نیز مشاهده می‌شود چوب توسط سوسک‌ها سوراخ شده است. نوزاد حشرات از چوب به عنوان غذا استفاده می‌کنند. حشرات که جزو آفات چوب محسوب می‌شوند با حفر چوب باعث کاهش استحکام چوب می‌شوند.

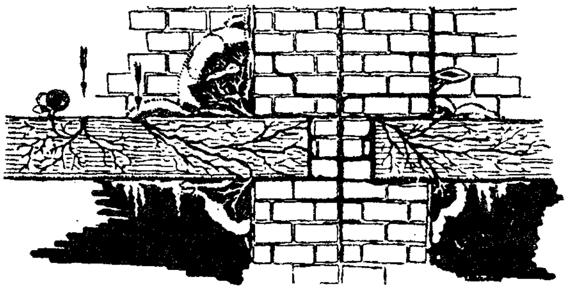
این سوسک‌ها که از چوب به عنوان خانه خود استفاده می‌کنند با حفر چوب به آن آسیب می‌رسانند.





در این تصویر سوسک به چوب آسیب رسانده است.

علاوه بر حشراتی مانند سوسک که به چوب آسیب می‌رسانند، در صورتی که چوب در جای مرطوب نگهدای شود نیز چوب خراب می‌شود زیرا چوب قارچ می‌گذارد و کپک می‌زند.

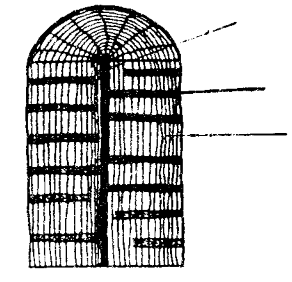


بدین ترتیب از آنجائیکه حشرات، باکتری‌ها و یا قارچ‌ها به چوب آسیب می‌رسانند باید از چوب نیز مانند آهن محافظت شود. به منظور محافظت چوب در مقابل حشرات چـوب‌خوار محافظت چوب می‌تواند توسط مواد شیمیایی یا استفاده از لاک الکل و یا رنگ روغنی انجام شود.

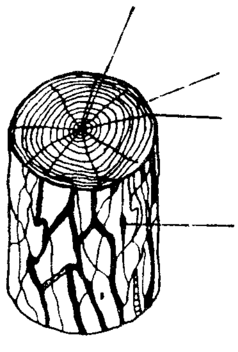
ساختمان چوب

ساختمان چوب از بخش‌های مجزا از همدیگر تشکیل شده است به طوری که در برش عرضی درخت دایره‌های هم مرکزی وجود دارد که بافت چوب را به صورت لایه‌های مجزا از یکدیگر می‌سازد. چوب که بیشتر حجم تنهٔ درختان را تشکیل می‌دهد از بیرون توسط پوست درخت و از قسمت درون توسط مغز درخت محصور می‌شود. اگرچه بیشتر تارهای چوب نسبت به محور اصلی درخت در جهت موازی قرار دارد که در واقع همان بافت چوب محسوب می‌شود اما دسته‌ای از سلول‌های چوبی در جهت قائم‌الزاویه نسبت به محور درخت قرار دارند که به آنها «لوله‌های شعاعی به مغز درخت» گفته می‌شود که در تصاویر نیز مشاهده می‌شود.

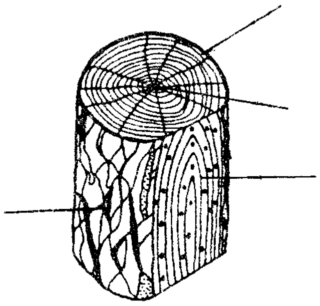
به‌طور کلی ساختمان خاصی در چوب وجود دارد به طوری که بافت‌های مختلف چوب در جهاتی مختلف قرار گرفته‌اند مانند جهت طولی که در جهت الیاف چوب و آندوهای چوبی موازی با محور اصلی درخت می‌باشد و نیز جهت شعاعی که هم جهت با خطی فرضی است که از قسمت مغز به طرف قسمت پوست درخت امتداد دارد:

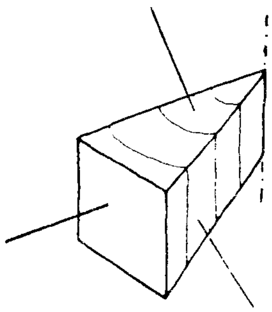


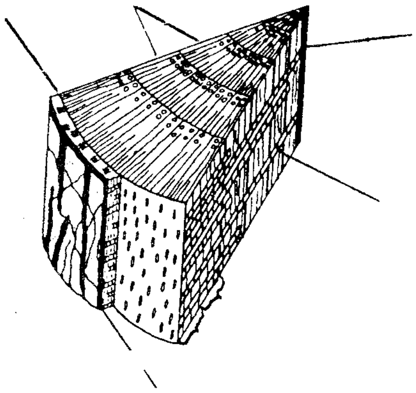
(   )



(   )







در برش عرضی تنهٔ درخت که عمود بر محور اصلی درخت است اگر از یک عدسی استفاده شود، لوله‌های شعاعی به طور مستقیم به طرف مغز درخت امتداد دارند و سلول‌ها به صورت سوراخ‌هائی قابل مشاهده می‌باشند. در سطح شعاعی خط فرضی مستقیمی در نظر گرفته می‌شود که موازی با لوله‌های شعاعی می‌باشد که به طرف مغز امتداد دارند. در سطح شعاعی سلول‌های برش خورده چوب به صورت شیار در تصاویر مشاهده می‌گردد. در سطح مماسی چوب که موازی با محور اصلی درخت می‌باشد می‌توان خطی مماس بر حلقه‌های رشد سالیانه درخت در نظر گرفت.

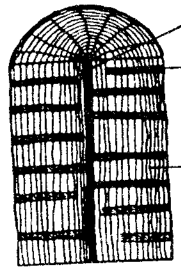
بدین ترتیب چوب دارای سه جهت برش عرضی، سطح شعاعی و سطح مماسی می‌باشد.

لایه‌های درخت که با درونی‌ترین حلقه درخت یا همان مغز چوب هم‌مرکز می‌باشد، حلقه‌های رشد سالیانهٔ درخت را تشکیل می‌دهد که به صورت دو نوار مجزا از یکدیگر قرار گرفته‌اند: لایهٔ درونی حلقه رشد که رنگ روشن‌تری دارد، چوب بهاری یا چوب پیر نامیده می‌شود و لایه بیرونی حلقه رشد را که رنگ تیره‌تری دارد، چوب تابستانی یا چوب جوان می‌نامند. با افزایش سن درخت لایه‌های تنهٔ درخت افزایش می‌یابد.

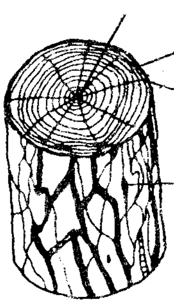
اگرچه چوب درون که در اثر افزایش سن درخت در اطراف مغز چوب از سولهای مرده‌ای تشکیل می‌شود محکمتر از چوب بیرون است اما سلولهای چوب درون دیگر سلول‌های زنده و فعالی نیستند و بیشتر در معرض خطر حشرات قرار می‌گیرند.

با وجود این که تفاوت رنگ لایه‌های چوب درختان برگ پهن در چوب بهاری با چوب تابستانی وجود دارد که این خود مشخص‌کنندهٔ تفاوت لایه چوب جوان با چوب پیر می‌باشد اما در چوب‌های نرم یا همان چوب سوزنی برگان که در تمام طول فصل‌های سال در حال رشد هستند (در فصل سرما رشد آهسته‌تری دارند)، تفاوت رنگ حلقه‌های رشد سالیانه درختان سوزنی برگ به علت تفاوت در تراکم چوب این‌گونه درختان است.

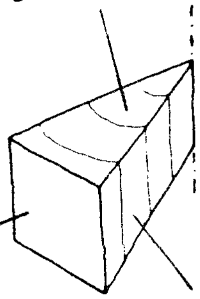
ـ با توجه به متن در جاهای خالی مربوط به تصاویر، کلمات مناسب بگذارید.

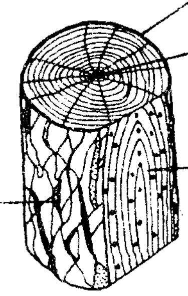


(سطح شعاعی)

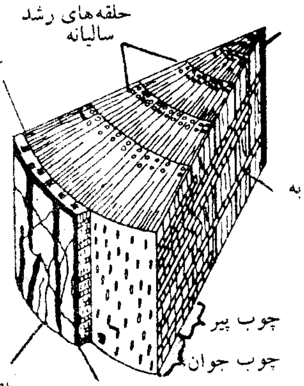


(برش عرضی)





(سطح مماسی)



محافظت از چوب

در مورد چوب‌هایی که در ساختمان‌سازی به‌کار می روند مانند تخته و قالب‌های بتن باید قبل از ساختن، پوست روی چوب جدا شود زیرا در غیر این‌صورت حشرات به چوب آسیب می‌رسانند.

چوب‌های نیمه خشک فقط برای موارد خاصی کاربرد دارند که چوب در همان ابتدا احتیاجی به رنگ زدن برای جلوگیری از نفوذ رطوبت نداشته باشد مانند فرش چوبی که چون برای پوشش کف اتاق بکار می‌رود باید از نفوذ رطوبت به آن جلوگیری شود.

برای مسدود کردن چوب در مقابل جذب آب باید از نفوذ رطوبت و آب در نقاط اتصال بین چوب‌هایی که به طور آزاد خشک می‌شوند جلوگیری به عمل آید و قسمت‌هایی از چوب که امکان تعرق در آن وجود دارد باید در برابر نفوذ آب محافظت شود.

عمل اشباع چوب به منظور جلوگیری از نفوذ آب و رطوبت می‌تواند توسط مواد اشباع کننده محلول در آب یا روغن انجام شود.

چون تغییرات رطوبت هوا به چوب آسیب می‌رساند با روش تزریق درونی چوب می‌توان از نفوذ آب به داخل چوب جلوگیری کرد.

اشباع کردن لایه‌ای از چوب تا عمق ۱۰ میلیمتر یا بیشتر نیز می‌تواند چوب را در برابر نفوذ رطوبت محافظت نماید اما در مورد درخت کاج (لاریکس) و بلوط باید لایهٔ نرم چوب که زیر پوست درخت قرار دارد، حداقل تا عمق ۱ سانتیمتر اشباع شود. در چوب‌های کاج مانند درخت لاریکس به علت بافت متراکمی که دارد، تزریق درونی چوب برای جلوگیری از نفوذ آب سخت‌تر از دیگر درختان انجام می‌شود.

به‌طور کلی سطح تا صاف و زبر چوب بهتر از سطح صاف و صیقلی چوب از مواد اشباع کننده محلول در آب یا روغن اشباع می‌شود. در شکاف‌هائی که در مقطع عرضی تنه درختان وجود دارد مواد اشباع‌کننده بهتر از سطح چوب در جهت الیاف درخت نفوذ دارد. مواد اشباع‌کنندهٔ محلول در روغن در چوب‌های خشک و نیمه خشک و مواد اشباع‌کننده محلول در آب در چوب‌های تازه کاربرد دارند.

روش اشباع چون می‌تواند با اعمال فشار و یا بدون فشار انجام شود. با فرو بردن چوب به مدت حداقل ۳۰ دقیقه در حوضی از مواد اشباع‌کننده، لایه‌ای از روی چوب در برابر نفوذ رطوبت محافظت می‌شود اما در مورد چوب‌هائی که در زیرزمین به کار می‌روند استفاده از این روش مجاز نیست. در مورد چوب‌هائی که تحت فشار قرار می‌گیرند در صورتی از این روش استفاده می‌شود که عمق نفوذ مواد اشباع‌کننده در چوب به ۴ سانتیمتر یا بیشتر برسد. در مورد چوب‌های تازه از روش فوق در شرایطی استفاده می‌شود که سطح روی چوب خشک شده باشد، چوب در زیر سقف به کار رود و حداقل ۲۰ درصد از مواد اشباع‌کنندهٔ محلول مصرف شده باشد.

روش اشباع کردن چوب می‌تواند با اعمال فشار نیز انجام شود برای آنکه مادهٔ اشباع‌کننده تا عمق چوب نفوذ کند و در نتیجه چوب مقاومت بیشتری در برابر نفوذ رطوبت داشته باشد، با قرار دادن چوب در یک سیلندر خلاء و خارج کردن هوای درون سلول‌ها و پرکردن مواد اشباع‌کننده در درون فضای خالی درون سلولی، چوب تحت فشار مواد اشباع‌کننده قرار می‌گیرد و بدین ترتیب با پر شدن فضاهای خالی درون سلول‌ها با مواد اشباع‌کننده، از نفوذ رطوبت به چوب جلوگیری می‌شود.

برای محافظت از چوب در برابر رطوبت می‌توانیم چوب را با قشری از مواد ضد رطوبت بپوشانیم. با مالیدن لاک الکل و یا رنگ روغنی بر روی چوب، الکل یا رنگ روغنی بخورد چوب می‌رود و بدین ترتیب با ایجاد پوسته‌ای بر روی چوب سوراخ‌های سطح چوب پر می‌شود و در نتیجه منافذ چوب نسبت به نفوذ رطوبت مسدود می‌گردد. البته بکار بردن روش‌های بدون اعمال فشار مانند زنگ زدن به چوب حتی دو بار، اسپری کردن و یا فقط فرو بردن چوب در مواد اشباع‌کننده به مدت ۱۰ دقیقه چوب را زیاد در برابر نفوذ آب مقاوم نمی‌سازد.

در مورد چوب‌هائی که در معرض نفوذ رطوبت زمین قرار دارند ولی تحت فشار نیستند نیز به کار بردن روش فرو بردن چوب در مواد اشباع‌کننده فقط در صورتی مجاز است که عمق نفوذ مواد اشباع‌کننده در چوب به ۴ سانتیمتر یا بیشتر برسد.

ویرایش کتاب پس از تالیف توسط:

Prof. Dipl.-Ing. K. Gümbel, München
Prof. Dipl.-Ing. K.-J. Mattern, Konstanz

مراجع:

Ein teil der Texte und Zeichnungen wurde folgenden Werken entnommen:

Beckert, M. und Hartmann, R., Nichtmetallische Werkstoffe, Wilhelm Heyne Verlag, München, S. 19, 20, 23, 30, 73-75, 138, 140-146, 153-157, 164, 165, 179-186, 191-193.

NTF 3: S. 18, 26, 28, 33, 35, 37, 40, 41, 64, 65, 68, 85, 88, 90, 98, 103, 133, 137, 144, 156, 158, 215, 218.

Meyers Lexikon der Technik und der exakten Naturwissenschaften, Bibliographisches Institut Mannheim, Bd. 1; Bd. 2, S. 1303 ff; Bd. 3.

NTF 3: Bd. 2, S. 209; Bd. 2, S. 112, 113, 150, 378, 380, 390; Bd. 3, S. 129.

Piltz, H., Häring, S. und Schulz, W., Technologie der Baustoffe, Dr. Lüdecke-Verlagsgesellschaft, Heidelberg, 1971, S. 145, 147, 275ff, 325ff; 1977, S. 94, 95, 98, 243, 259, 284, 285, 288, 410, 412, 420, 422.

NTF 3: S. 44, 68, 115, 147, 160, 190, 195, 196, 203, 204, 294, 295, 344, 345, 383, 406, 414.

Reinhardt, H.-W., Ingenieurbaustoffe, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, S. 41, 58, 62, 133, 135, 142, 144, 149, 164, 165.

NTF 3: S. 273, 274, 285, 307, 308, 312, 323, 349, 351, 354-357, 378,380, 398, 400, 402.

Schmidt-Hieber, O. und Schmidt-Hieber, F., Baustoffkunde für Techniker,

Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart, S. 13-16, 72, 73.

NTF 3: S. 73, 74, 166.

Scholz, W., Baustoffkenntnis, Werner Verlag, Düsseldorf, S. 49, 71, 76, 101, 28(, 567ff, 578, 580, 581, 588, 589.

NTF 3: S. 43, 61, 83, 84, 357, 366, 368, 381, 382, 385, 389, 410, 412.

Sonntag, E. und Kraus, E., Grundstufe Bau-Holz, Fachkunde, Verlag Handwerk und technik, Hamburg 1979, S. 26, 53, 56, 67, 72, 73, 91, 103, 106ff, 109, 110, 115, 118, 120, 126, 129, 136, 138, 139, 141-143, 147, 149, 150, 152, 157, 164, 171.

NTF 3: S. 24, 27-29, 68, 85, 88, 90, 109- 120- 122, 126, 130, 137, 160, 163, 164, 166, 169, 170, 175, 176, 185, 188, 191, 192, 237, 274-276, 277, 279, 287-289, 322-334, 348, 350, 353, 354, 357, 361- 364, 366, 376, 383,385.

Verein deutscher Zementwerke, Zement Taschenbuch 1979/80, Bauverlag, Wiesbaden, S. 97, 99, 102, 204, 205, 273, 274, 314ff.

NTF 3: S. 117, 126, 197, 215, 223.

Walz, K., Herstellung von Beton nach DIN 1045, Beton Verlag GmbH, Düsseldorf, S. 45, 68, 97-103.

NTF 3: S. 209-211, 227, 228, 234.

Weißbach, W., Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung, Vieweg, Braunschweig, S. 77, 83, 85, 88, 89, 96, 97, 103-106, 118, 126.

NTF 3: S. 246-249, 251, 252, 255, 257-259, 261, 269, 300, 313.

Wendehorst, R., Baustoffkunde, Curt R. Vincentz Verlag, Hannover, S. 99-102, 105, 106, 111, 120, 121, 187, 188, 209, 213ff, 216, 220, 223, 227, 242, 353, 403, 408ff, 534, 535, 551, 553.

NTF 3: S. 39, 40, 43-45, 48, 51-55, 61, 77, 166, 169, 170, 172, 173, 183, 187, 189, 190, 193, 206 236, 244, 294, 295, 320, 322, 324, 326, 327, 340, 346, 350, 360, 378, 404, 405.

NTF
Hinführung zur naturwissenschaftlich-technischen Fachsprache Baustoffkunde

جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیر کبیر

آدرس مرکز پخش :

تهران- خیابان حافظ- جنب دانشگاه صنعتی امیر کبیر

تلفن:۶۴۶۵۳۹۲ فاکس:۶۹۵۰۹۸۲

شابک: ۶-۶۴-۶۰۹۶-۹۶۴ ISBN:964-6096-64-6